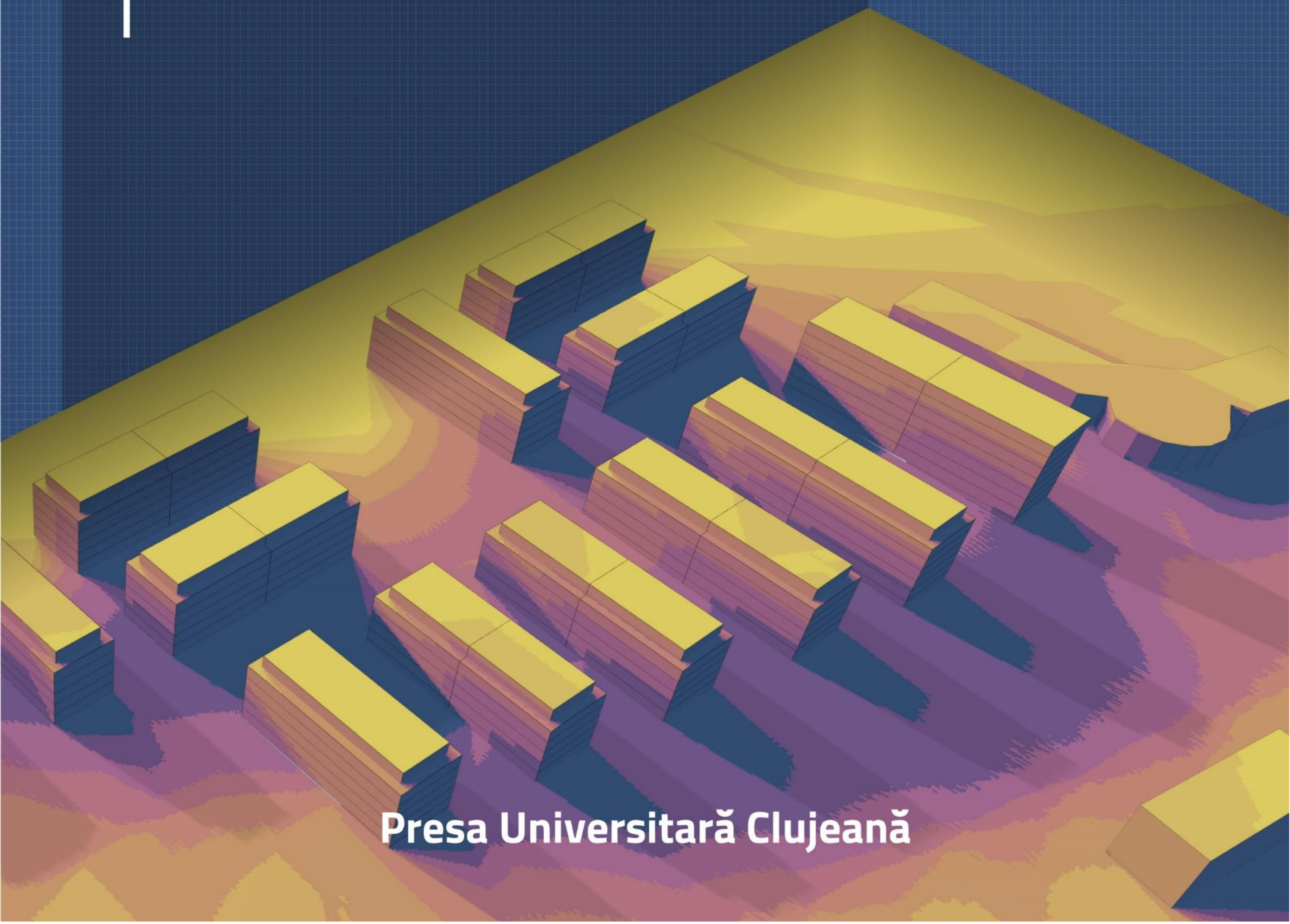
TEHNICI, METODE ȘI INSTRUMENTE DE ANALIZĂ UTILIZATE ÎN FAZELE INIȚIALE ALE PROIECTELOR DE ARHITECTURĂ

SAVU Cristian



Presa Universitară Clujeană

SAVU CRISTIAN

•

Tehnici, metode și instrumente de analiză utilizate în fazele inițiale ale proiectelor de arhitectură

SAVU CRISTIAN

TEHNICI, METODE ȘI INSTRUMENTE DE ANALIZĂ UTILIZATE ÎN FAZELE INIȚIALE ALE PROIECTELOR DE ARHITECTURĂ

PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ
2024

Referenți științifici:

Conf. dr. arh. Pușcaș Cristian

Conf. dr. arh. Kunst Adrian Roland

Fotografie copertă: Grafică realizată de autorul cărții, care conține o imagine a studiului de însorire efectuat cu ajutorul platformei Autodesk Forma.

ISBN: 978-606-37-2463-3

Universitatea Babeș-Balyai
Presa Universitară Clujeană
Director: Codruța Săcelean
Str. Hașdeu nr. 51
400371 Cluj-Napoca, România
Tel./fax: (+40)-264-597.401
E-mail: editura@editura.ubbcluj.ro
http://www.editura.ubbcluj.ro

PREFAȚĂ

În prezent arhitecții se confruntă cu provocări majore, ce sunt generate de necesitatea ca proiectele trebuie să răspundă unui număr tot mai mare de indicatori de performanță și să armonizeze interesele multiple și adesea divergente ale părților implicate. În acest context, pe lângă competențele tehnice avansate necesare abordării unei complexități crescute, arhitecții trebuie să-și dezvolte și capacitatea de a media relația dintre parametrii arhitecturali, cantitativi, calitativi și sociali, astfel încât să genereze soluții optime care satisfac în egală măsură aceste cerințe.

Presiunea exercitată de factorii implicați în proiect, coroborată cu lipsa de experiență și/sau de cunoștințe, conduce frecvent la o abordare superficială a evaluărilor din fazele incipiente de proiectare. Adesea, acest lucru determină neglijarea parțială sau totală a aspectelor legate de calitatea locuirii sau de sustenabilitate, cerute de societate. În consecință, proiectele ajung frecvent să satisfacă, în cel mai bun caz, doar criteriile cantitative sau economice impuse de investitori.

Această carte explorează metode și instrumente de proiectare, analiză și evaluare multicriterială, care pot fi utilizate de arhitecți în etapele inițiale de proiectare pentru a optimiza arhitectura construcțiilor, prin îmbunătățirea indicatorilor de performanță cantitativi și calitativi. Instrumentele și metodele prezentate în această carte permit o abordare holistică, în care deciziile privind arhitectura clădirilor nu mai sunt exclusiv estetice sau empirice, ci se bazează pe date obiective, obținute din analize realizate încă din fazele incipiente ale proiectului. Acest mod de lucru permite crearea unor proiecte rezidențiale care răspund simultan cerințelor economice ale investitorilor, dorințelor beneficiarilor finali privind calitatea locuirii (nivel de însorire, de zgomot, confortul interior al locuinței, dotarea cartierului) și obiectivelor de sustenabilitate.

Printre instrumentele explorate în această carte se numără noile platforme de proiectare generativă, care le permit arhitecților să genereze automat, ușor și rapid multiple soluții în etapele incipiente proiectării. De asemenea, sunt prezentate funcțiile de analiză integrate în aceste platforme, care facilitează evaluarea multicriterială a proiectelor încă din fazele schematice. Aceste funcții contribuie la îmbunătățirea performanței energetice, la reducerea amprentei de carbon, dar și la asigurarea unui nivel superior de confort pentru utilizatori. Astfel, evaluarea proiectelor depășește cadrul cantitativ, integrând criterii calitative într-o manieră accesibilă și riguroasă.

Nu în ultimul rând, cartea include o serie de analize statistice menite să evidențieze importanța diferiților parametri calitativi și cantitativi, atât din perspectiva dezvoltatorilor imobiliari, cât și a utilizatorilor finali ai ansamblurilor rezidențiale.

CUPRINS

LISTA FIGURILOR

LISTA TABELELOR

ABREVIERI

AHP – Analytic Hierachy Process (Procesele de Analiză Ierarhică)

AIA – American Institute of Architects (Institutul American al Arhitecților)

AI – Artificial Intelligence (Inteligență artificială)

ANFIS – Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Sisteme de inferență neuro-adaptive fuzzy)

ANP – Analytic Network Process (Procesele de Analiză în Rețea)

AR – Augmented Reality (Realitate augmentată)

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CATUC – Codul amenajării teritoriului, urbanismului și construcțiilor

CFD – Computational Fluid Dynamics (Dinamica computerizată a fluidelor)

CLT – Cross Laminated Timber (Lemn Lamelar Încrucișat)

COV – Compuși organici volatili

CUT – Coeficient de Utilizare a terenului

DALI – Documentație de avizare a lucrărilor de intervenții

DDE – Detalii de execuție

DGNB – Deütsches Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Consiliul German pentru Clădiri Sustenabile)

DTAC – Documentație Tehnică pentru Autorizarea Executării Lucrărilor de Construcții

DTAD – Documentație Tehnică pentru Autorizarea Executării Lucrărilor de Demolare

DTOE – Documentație Tehnică de Organizare a Execuției Lucrărilor

FIS – Fuzzy Inference System (Sisteme de Inferență Fuzzy)

GDV – Gross Development Value (Valoarea brută de dezvoltare)

GLTF – Graphics Library Transmission Format (Format de transmitere a bibliotecilor grafice)

HG – Hotărâre de Guvern

HVAC – Heating, Ventilation, and Air Conditioning (Încălzire, Ventilație și Aer condiționat)

ICUT – Indicele Climatic Universal Termic

IPD – Integrated Project Delivery (Livrarea integrată a proiectului)

LCA – Lifecycle Assessment (Analiză a ciclului de viață)

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (Leadership în proiectarea energetică și de mediu)

MC – Metodologie de calcul

MCDM – Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

MZA – Media zilnică a traficului anual

OAR – Ordinul Arhitecților din România
OMS – Ordinul Ministerului Sănătății
ONU – Organizația Națiunilor Unite
OSS – Obiective secundar specific
OUG – Ordonanță de urgență
PAC – Proiect pentru autorizarea lucrărilor de construire
PAD – Proiect pentru autorizarea lucrărilor de demolare
POT – Procentul de ocupare a terenului
PUZ – Plan Urbanistic Zonal
PT – Proiect Tehnic
NC – Notă conceptuală
NZEB – nearly Zero Energy Building (Clădiri cu consum de energie aproape zero)
RIBA – Royal Institute of British Architects (Institutul Regal al Arhitecților Britanici)
RTC – Reglementare tehnică în domeniul construcțiilor
SaaS – Software as a Service (Software ca Serviciu)
SDG – Sustainable Development Goals (Obiective de dezvoltare durabilă)
SE – Synthetic evaluation (Evaluarea sintetică)
SF – Studiu de fezabilitate
SPF – Studiu de prefezabilitate
SUA – Statele Unite ale Americii
TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VR – Virtual Reality (Realitate Virtuală
WSM – Weighted Sum Model (metoda sumei ponderate a obiectivelor)

1. INTRODUCERE

Sectorul construcțiilor se numără printre sectoarele importante ale economiei europene, producând, în medie, între 5% și 6% din Produsul Intern Brut al Uniunii Europene. (Sursa: Eurostat 2021 și 2023). Cu toate acestea, diverse studii și diverși autori au constatat faptul că acest sector este ineficient, având foarte scăzută profitabilitatea (McKinsey&Company, 2020), productivitatea (Filipe Barbosa et al., 2017) și viteza de adoptare a noilor tehnologii (Khudzari et al., 2023), având totodată un impact foarte ridicat asupra mediului înconjurător (Sandanayake, 2022).

În aceste condiții, Obiectivele de Dezvoltare Durabilă (SDG – Sustainable Development Goals) stabilite de Organizația Națiunilor Unite (ONU) pentru anul 2030 și cele de neutralitate climatică stabilite de Uniunea Europeană pentru anul 2050, pun o presiune foarte ridicată pe sectorul construcțiilor, pentru a adopta urgent soluții, care să asigure atingerea acestor obiective foarte optimiste, dar ce sunt în aceeași măsură dificil de atins. Prin urmare, este foarte important ca eforturile și atenția specialiștilor din domeniul construcțiilor să se orienteze spre dezvoltarea unor soluții care să contribuie la atingerea acestor deziderate. Lucrarea de față își propune să sprijine acest demers aducând mai multe contribuții ce sunt descrise în paginile următoare.

1.1. IMPORTANȚA TEMEI

Domeniul construcțiilor este un domeniu complex ce trebuie să satisfacă multipli indicatori de performanță, cum sunt cei economici, de timp, de sustenabilitate, de confort, de siguranță, urbanistici sau estetici. Satisfacerea simultană a acestor indicatori de performanță este dificilă din cauza faptului că anumiți indicatori au obiective contradictorii. Dificultatea acestui proces este amplificată suplimentar de faptul că factorii implicați în proiect sau afectați de acesta au, la rândul lor, obiective diferite sau chiar contradictorii în anumite situații (Dixit, 2020).

Pe lângă contradicția dintre obiectivele indicatorilor de performanță și cele ale părților implicate în proiect, intervine și problema că volumul de informație ce trebuie procesat pentru evaluarea acestor indicatori, în vederea luării unei decizii cu privire la proiect, depășește capacitățile umane (Miljkovic et al., 2023). Din această cauză, arhitecții iau adesea deciziile intuitiv, cântărind compromisurile și/sau eliminând unii din factori evaluați (Cynthia Ottchen, 2009). Din cauza presiunii beneficiarilor și într-o oarecare măsură și a lipsei competențelor cu privire la evaluarea parametrilor de sustenabilitate, se ajunge adesea în situația în care acești parametri sunt fie eliminați, fie capătă o importanță nesemnificativă

în luarea deciziilor. Această abordare superficială și ignorantă nu poate fi acceptată în condițiile actuale, în care schimbările climatice încep să aibă efecte dezastruoase.

Dacă în trecut această situație putea fi considerată pardonabilă datorită lipsei sau inaccesibilității instrumentelor care facilitează evaluarea multicriterială a proiectelor, în prezent acest lucru nu mai este valabil, deoarece tehnologiile actuale permit orientarea proiectării spre aspecte ce țin de performanță (Coren Sharples, 2009).

Așadar, importanța și actualitatea acestei teme este dată de faptul că metodele curente de evaluare a performanței construcțiilor nu reușesc să înglobeze parametri non-financiari, neglijând în special aspectele ce țin de bunăstarea utilizatorilor și de sustenabilitate (Ibrahim et al., 2024). În condițiile în care la nivel mondial au fost stabilite anumite obiective cu privire la reducerea impactului asupra mediului, este evidentă importanța dezvoltării unor modalități de evaluare a performanței proiectelor, care să cuprindă și parametri de mediu.

În urmă cu mai puțin de zece ani, proiectarea generativă și programele de simulare erau accesibile unui public restrâns, deoarece implicau o metodologie diferită de proiectare, ce necesita cunoștințe avansate de programare, matematică, fizică, dar și echipamente performante. Această situație a început să se schimbe în ultimii cinci ani, deoarece au început să fie dezvoltate platforme de proiectare noi, în care funcțiile de proiectare generativă și cele de analiză sunt integrate într-o interfață prietenoasă cu utilizatorului și sunt simplificate, astfel încât să poată fi utilizate cu ușurință de orice proiectant. Astfel a fost crescută accesibilitatea arhitecțior la instrumente care le oferă posibilitatea să genereze într-un timp foarte scurt o varietate foarte mare de soluții, ce ulterior pot fi analizate din punct de vedere al însoririi, nivelului de zgomot, amprentei de carbon, condițiilor de confort ș.a.m.d.. Această varietate mare de soluții le generează arhitecților o nouă problemă, deoarece alegerea soluției optime implică evaluarea unui volum mare de informații ce nu poate fi procesat în mod eficient de om. Legat de acest aspect, Rivka Oxman constata că în prezent proiectanții interacționează și controlează procese și mecanisme generative și că informația a devenit noul material cu care aceștia lucrează (Oxman, 2006).

În urma utilizării și analizării acestor platforme a fost constatată necesitatea dezvoltării unui sistem decizional în care să poată fi introduse datele furnizate de aceste platforme pentru a facilita evaluarea soluțiilor proiectate, în vederea identificării soluției optime sau a îmbunătățirii viitoarelor soluții.

1.2. OBIECTIVELE URMĂRITE

Obiectivul general al acestei lucrări îl constituie realizarea unor cercetări teoretice și experimentale în domeniul **managementului proiectelor ce conțin ansambluri de construcții.** Aceste cercetări urmăresc **dezvoltarea unor modele decizionale care să îi ofere**

investitorului și proiectantului posibilitatea să evalueze și să optimizeze soluțiile proiectate, încă din fazele incipiente, astfel încât să poată fi obținute construcții cu caracteristici superioare, ce satisfac într-o cât mai mare măsură, atât nevoile investitorilor cu privire la indicatorii economici, cât și cele ale beneficiarilor cu privire la calitatea spațiului interior sau exterior.

Pentru atingerea acestui obiectiv general au fost stabilite următoarele **obiective primare**:

1. Îmbunătățirea capacității de evaluare și optimizare a soluțiilor proiectate;
2. Îmbunătățirea indicatorilor de performanță cantitativi, calitativi și de sustenabilitate ai proiectelor;

În funcție de aceste obiective primare au fost stabilite mai multe obiective secundare, atât în ceea ce privește cercetarea materialului bibliografic din prima parte a lucrării, cât și în ceea ce privește cercetările experimentale din a doua parte a lucrării. Așadar, această lucrare are următoarele **obiective secundare**:

1. Identificarea etapelor unui proiect, a indicatorilor de performanță utilizați în proiectare și a modului în care pot fi evaluați acești indicatori cu ajutorul modelelor decizionale fuzzy;
2. Identificarea tehnicilor și programelor utilizate în proiectare și modul de evaluarea acestora;
3. Identificarea și evaluarea platformelor de proiectare ce sunt utilizate în etapele inițiale de proiectare și pot facilita evaluarea multicriterială a proiectelor;
4. Identificarea elementelor importante pentru clienții și dezvoltatorii ansamblurilor de construcții rezidențiale;
5. Definirea unui model decizional bazat pe mulțimi fuzzy pentru evaluarea platformelor de proiectare;
6. Definirea unor modele decizionale bazat pe mulțimi fuzzy pentru evaluarea construcțiilor în funcție de diverși parametri cantitativi și calitativi;

Pe lângă aceste obiective secundare, în cadrul lucrării sunt prezentate și anumite obiective specifice la începutul fiecărui capitol. Aceste obiective specifice au rolul de a defini, mai în detaliu, aspectele ce sunt urmărite în cadrul capitolului respectiv.

1.3. STRUCTURA ȘI CONȚINUTUL CĂRȚII

Cartea este structurată în șapte capitole, iar structura ei este reprezentată grafic în *Figura 1.1*. Primul capitol a fost alocat introducerii în tematica cercetării, capitolele doi și trei au fost alocate cercetărilor referențiale, capitolul patru, cinci și șase au fost alocate cercetărilor experimentale, iar în capitolul șapte sunt prezentate concluziile acestei lucrări.

La finalul lucrării au fost atașate și anexele ce cuprind anumite tabele de mari dimensiuni și o parte din graficele realizate în urma sondajelor. Acestea nu au fost inserate în corpul principal al cărții din cauza faptului că ar fi ocupat foarte mult spațiu și riscau să distragă atenția cititorului de la firul principal al lucrării. Ele au fost inserate în carte, deoarece în cadrul lucrării se face referire la anumite date ce se regăsesc în aceste anexe.

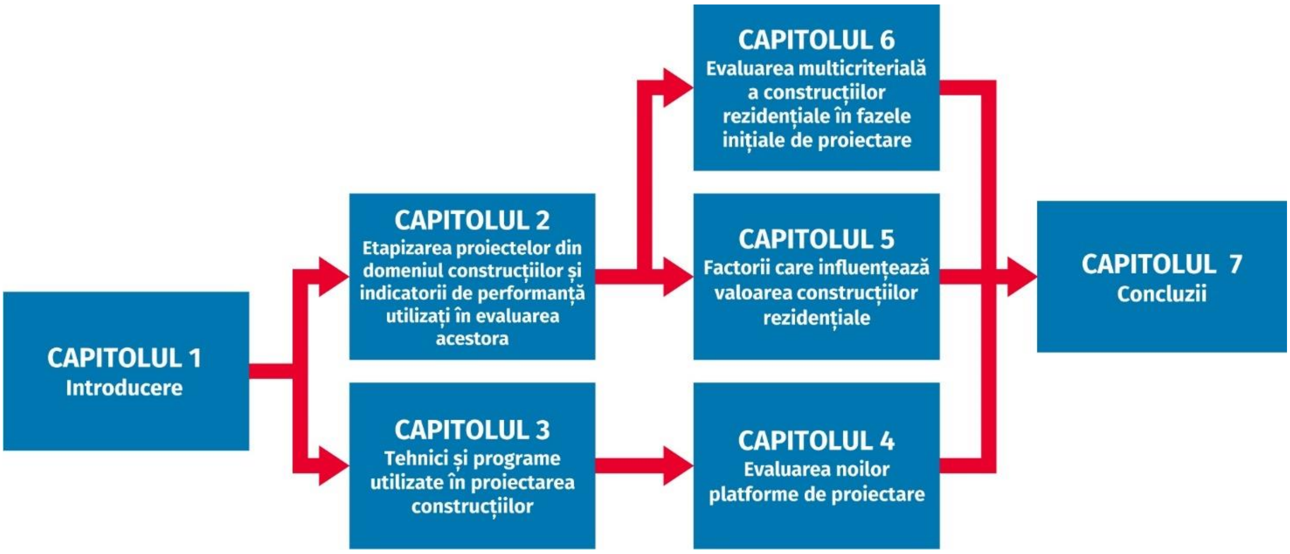


Figura 1.1. ***Structura cărții***

Capitolul 1 are titlul *"Introducere" și* în cadrul acestui capitol a fost definită importanța temei abordate, motivarea alegerii acesteia, scopul și obiectivele cercetării.

Capitolul 2 are titlul *"Etapizarea proiectelor din domeniul construcțiilor și indicatorii de performanță utilizați în evaluarea acestora"*. În cadrul acestui capitol au fost studiate etapele pe care le implică procesul de realizare a unei construcții, fiind evidențiată importanța etapelor inițiale de proiectare. În cadrul acestui capitol au fost studiați și indicatorii de performanță utilizați în domeniul construcțiilor, dar și modul în care sunt utilizate modelele decizionale multicriteriale și modelele ce utilizează logica fuzzy în domeniul construcțiilor.

Capitolul 3 are titlul *"Tehnici și programe utilizate în proiectarea construcțiilor"*. În acest capitol accentul a fost pus pe evoluția tehnicilor de proiectare utilizate în domeniul construcțiilor, clasificarea programelor utilizate în acest domeniu și modul în care sunt evaluate programele.

Capitolul 4 are titlul *"Evaluarea noilor platforme de proiectare"*. Acest capitol începe cu prezentarea rezultatelor sondajului efectuat pentru identificarea perspectivei proiectanților despre implicațiile modificărilor aduse proiectului asupra eficienței acestuia și a programelor utilizate de aceștia în procesul de proiectare. Ulterior au fost prezentate funcțiile și limitările noilor platforme de proiectare generativă și analiză și a fost prezentat modelul decizional bazat pe logica fuzzy, realizat pentru evaluarea funcțiilor platformelor de proiectare.

Capitolul 5 are titlul *"Factorii care influențează valoarea construcțiilor rezidențiale"*. Acest capitol cuprinde rezultatele sondajului la care a participat publicul larg și a celui la care au participat dezvoltatorii imobiliari. În urma sondajului la care a participat publicul larg a putut fi identificată importanța parametrilor de spațiu, confort, importanța facilităților cartierului sau a modului de compartimentare a apartamentului. În urma sondajului la care au participat dezvoltatorii imobiliari au fost identificați indicatorii de performanță pe care îi urmăresc aceștia în dezvoltarea proiectelor imobiliare, dar și parametrii care influențează cel mai mult prețul apartamentelor.

Capitolul 6 are titlul *"Evaluarea multicriterială a construcțiilor rezidențiale în fazele inițiale de proiectare"*. În cadrul acestui capitol au fost prezentate cele două modele decizionale fuzzy ce au fost realizate pentru evaluarea multicriterială a proiectelor în diferite faze. Pentru fiecare model decizional a fost alocat un subcapitol. Primul model decizional poate fi utilizat pentru evaluarea multicriterială a ansamblurilor de construcții rezidențiale în fazele inițiale de proiectare, în timp ce al doilea model decizional poate fi utilizat pentru evaluarea multicriterială a locuințelor colective în fazele conceptuale, în care construcțiile sunt detaliate la nivel de plan schematic. Acest model decizional permite atât evaluarea individuală a unui anumit apartament, cât și evaluarea tuturor apartamentelor din cadrul unei construcții, pentru a putea identifica apartamentele ce oferă condiții de locuit superioare și au o valoare mai mare.

Capitolul 7 are titlul *"Concluzii"* și conține concluziile ce au rezultat în urma cercetărilor efectuate, dar și contribuțiile pe care le aduce această carte la nivel teoretic și aplicativ.

2. ETAPIZAREA PROIECTELOR DIN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR ȘI INDICATORII DE PERFORMANȚĂ UTILIZAȚI ÎN EVALUAREA ACESTORA

În cadrul capitolului 2 sunt prezentate etapele proiectelor de construcții din mai multe perspective și este definită importanța etapelor inițiale de proiectare în eficientizarea proiectelor. În partea a doua a lucrării sunt prezentați principalii indicatori de performanță utilizați în evaluarea proiectelor de construcții și modul în care sistemele decizionale bazate pe logica fuzzy și modelele decizionale multicriteriale (MCDM) contribuie la evaluarea proiectelor construcțiilor. Structura acestui capitol este reprezentată grafic în *Figura 2.1*, iar obiectivele secundare specifice urmărite în cadrul capitolului sunt centralizate în *Tabelul 2.1*.

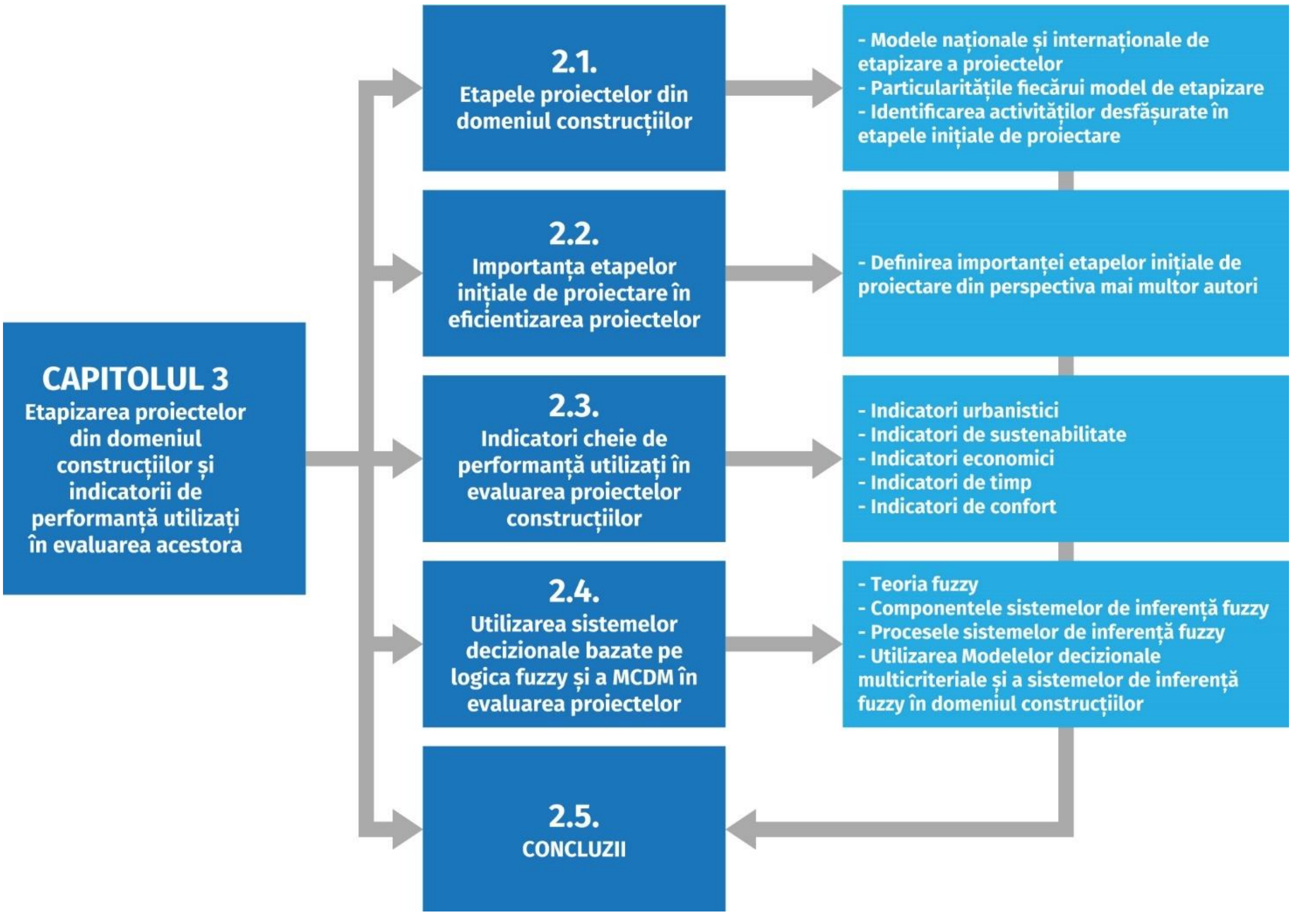


Figura 2.1. *Structura capitolului 2 și tematica abordată în cadrul capitolului.*

Tabelul 2.1. *Obiective secundare specifice urmărite în cadrul Capitolului 2.*

OSS 2.1.	Prezentarea etapelor unui proiect din perspectiva națională și internațională și identificarea particularităților existente între diferite modele de etapizare;
OSS 2.2.	Identificarea importanței etapelor inițiale de proiectare;
OSS 2.3.	Identificarea indicatorilor cheie de performanță utilizați în evaluarea proiectelor;

OSS 2.4.	Definirea teoriei Fuzzy, identificarea componentelor sistemelor de inferență fuzzy și a modului de funcționare a acestora;
OSS 2.5.	Identificarea modului în care sunt utilizate sistemele bazate pe logica fuzzy și MCDM pentru evaluarea construcțiilor;

2.1. ETAPELE PROIECTELOR DIN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

În ceea ce privește etapizarea proiectelor din domeniul construcțiilor trebuie menționat faptul că modul în care este împărțit procesul de realizare a unei construcții variază de la o țară la alta, în funcție de tipul construcției (existentă sau nouă), de tehnologia de execuție (prefabricată, realizată in-situ sau mixtă), de tipul investiției (publică sau privată) și de modul în care sunt livrate proiectele (livrare convențională de tip proiectare-licitare-execuție sau livrare integrată).

În general proiectele de construcții au cinci etape principale: pregătitoare, proiectare, execuție, exploatare și post-utilizare (*Figura 2.2*). Aceste etape principale sunt subîmpărțite în diferite sub-etape, în funcție de factorii menționați în paragraful anterior. În cele ce urmează sunt prezentate, pe scurt, principalele modele de etapizare a proiectelor, ce sunt utilizate la nivel național și internațional și sunt descrise sumar particularitățile fiecăruia în ceea ce privește etapele inițiale de proiectare.



Figura 2.2. ***Etapele principale ale unui proiect.***

2.1.1. ETAPIZAREA UNUI PROIECT DIN PERSPECTIVA NAȚIONALĂ

Etapizarea propusă prin Codul Amenajării Teritoriului, Urbanismului și Construcțiilor (CATUC)

CATUC este un act legislativ ce vizează integrarea într-o singură lege a tuturor prevederilor ce țin de amenajarea teritoriului, urbanismului și construcțiilor. În ceea ce privește etapizarea proiectelor, acest cod aliniază domeniul construcțiilor din România la abordările internaționale actuale deoarece tratează întregul ciclu de viață al proiectului. Etapizarea propusă de CATUC are o concepție asemănătoare cu cea propusă de Royal Institute of British Architects (RIBA). Astfel, din perspectiva CATUC, ciclul de viață al proiectelor are cinci etape, iar în aceste etape se trece prin șapte stadii (CATUC, 2023). Aceste stadii prin care trece proiectul pot fi observate în *Figura 2.3*.



Figura 2.3. *Stadiile unui proiect din perspectiva CATUC.*

În stadiul de definire strategică (stadiul 0) se fundamentează fezabilitatea investiției prin nota de fundamentare a investiției, se întocmește tema strategică, planul de afaceri și se estimează durata de realizare a proiectului. În stadiul 1 se definește tema de proiectare și se determină fezabilitatea investiției cu ajutorul studiului de fezabilitate. Legea prevede că studiul de fezabilitate trebuie să conțină și studii cu privire la analiza financiară și economică, analiza sustenabilității, analiza cererii de bunuri și servicii, analiza de risc, dar și alte analize. În stadiul 2 al proiectului are loc dezvoltarea conceptului proiectului, în care se stabilește pe lângă conceptul arhitectural și conceptul structural, de instalații și cel energetic. În stadiul 3 al proiectului sunt definite soluțiile de bază ale proiectului, ce sunt necesare pentru autorizarea construcției. În stadiul 4 are loc detalierea tehnică a proiectului, iar în stadiul 5 începe execuția efectivă a lucrărilor. După finalizarea acestora are loc predarea construcției în stadiul 6. Stadiul 7 se referă la utilizarea construcției, dar înglobează și componenta de post-utilizare a acesteia (CATUC, 2023).

Etapizarea propusă de Ordinului Arhitecților din România (OAR)

Din perspectiva OAR realizarea unei construcții implică parcurgerea următoarelor zece etape: preliminară, pregătitoare, elaborarea conceptului, elaborarea proiectului definitiv, elaborarea proiectului pentru autorizare (DTAC), elaborarea proiectului tehnic (PT), elaborarea detaliilor de execuție (DDE), etapa de selecție a executantului lucrărilor, execuția lucrărilor și exploatarea construcției (*Figura 2.4*). Se poate observa că această etapizare a proiectelor nu conține și etapa de post-utilizare a construcțiilor. Acestor etape le corespund anumite servicii (misiuni) de bază sau suplimentare pe care trebuie sau poate să le ofere proiectantul (Johannes Bertleff et al., 2014).



Figura 2.4. *Etapizarea proiectului propusă de Ordinul Arhitecților din România.*

În etapa preliminară responsabilitățile de bază ale proiectantului se rezumă la analizarea preliminară a contextului urbanistic, întocmirea temei pentru ofertare, a ofertei și a contractului de proiectare. OAR prevede însă că arhitectul poate oferi în această etapă, ca serviciu suplimentar, consultanță imobiliară, o propunere schematică pentru ilustrarea

temei sau să întocmească un studiu de prefezabilitate (Johannes Bertleff et al., 2014). Aceste servicii suplimentare nu fac însă parte din practica uzuală a birourilor de proiectare.

În etapa pregătitoare se întocmește tema de proiectare preliminară alături de o ilustrare schematică a acestei teme de proiectare, se realizează o bugetare preliminară și se planifică desfășurarea investiției. Ilustrarea comparativă a mai multor variante reprezintă o misiune suplimentară ce este opțională(Johannes Bertleff et al., 2014).

Realizarea conceptului general de arhitectură are loc însă doar în etapa de concept. Varianta pe care o propune arhitectul trebuie să fie, de această dată, suficient de detaliată, încât să fie fezabilă din punct de vedere tehnic și economic, astfel încât propunerea să nu necesite schimbări considerabile în urma detalierii ei. Și în cazul etapei concept, ilustrarea comparativă a mai multor variante este considerată tot o misiune suplimentară. Așadar, din perspectiva OAR, studierea și prezentarea comparativă a mai multor variante este considerată un serviciu suplimentar chiar și în etapele inițiale de proiectare (Johannes Bertleff et al., 2014). Această perspectivă este normală în condițiile în care, chiar și în etapele inițiale de proiectare se utilizează programe BIM, care nu facilitează producerea și evaluarea comparativă a mai multor variante într-un timp foarte scurt și prin urmare, realizarea mai multor variante este percepută ca o activitate ce consumă foarte multe resurse.

Etapizarea unui proiect realizat din fonduri publice

Etapele unui proiect public sunt definite prin HG 907 din 29 noiembrie 2016 ce reglementează "etapele de elaborare și conținutul-cadrul al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice". Așadar, acest act normativ tratează strict partea de proiectare, lucrările de execuție urmând să fie realizate după finalizarea proiectului, în cazul proiectelor contractate pe principiul Proiectare + Execuție, sau după desemnarea unui constructor, în urma unei licitații publice. Legea prevede că documentațiile pentru realizarea proiectelor publice se elaborează în patru etape: în prima etapă se elaborează nota conceptuală (NC) și tema de proiectare (TP), în a doua etapă se elaborează studiul de prefezabilitate (SPF), studiul de fezabilitate (SF) sau Documentația de Avizare a Lucrărilor de Intervenții (DALI), în etapa a treia se elaborează documentația pentru obținerea autorizației de construire sau demolare (DTAC/DTAD), iar în ultima etapă se elaborează Proiectul Tehnic (PT) (HG 907, 2016)(*Figura 2.5*).



Figura 2.5. ***Etapizarea proiectelor realizate din fonduri publice.***

În cazul investițiilor publice, fiecare etapă este succedată de un proces administrativ prin care entitatea care a comandat investiția aprobă indicatorii tehnico-economici aferenți etapei respective, iar ulterior sunt scoase la licitație serviciile de proiectare și/sau execuție ce urmează a fi realizate după aprobarea acestor indicatori (HG 907, 2016).

Legislația prevede faptul că, în cazul investițiilor publice, la faza de studiu de fezabilitate, proiectantul trebuie să propună și să analizeze minimum două scenarii sau opțiuni tehnico-economice și să o recomande pe cea pe care o consideră, în mod justificat, ca fiind optimă. În cazul majorității proiectelor publice proiectanții realizează doar cele două variante impuse de legislație, iar diferențele dintre variante sunt nesemnificative, deoarece se urmărește mai degrabă îndeplinirea unei cerințe decât îmbunătățirea performanței soluțiilor (HG 907, 2016).

2.1.2. ETAPIZAREA UNUI PROIECT DIN PERSPECTIVA INTERNAȚIONALĂ

Etapizarea propusă prin standardele BIM

Etapizarea propusă prin standardele BIM are aplicabilitate internațională, însă ea a fost transpusă și în legislația din România prin *"Ghidul privind managementul și monitorizarea informațiilor generate în sistem BIM"*. În standardele BIM etapizarea proiectelor cuprinde cu precădere informații cu privire la fluxul pe care trebuie să îl aibă informația între factorii implicați în proiect. Fluxul BIM constă în parcurgerea următoarelor cinci etape: etapa de inițiere, etapa de planificare, etapa de realizare, etapa de încheiere și predare, etapa de exploatare (RTC 8, 2022) (*Figura 2.6*).

În etapa de inițiere se definește tema strategică, tema de proiectare și se determină fezabilitatea investiției în baza studiului de fezabilitate (RTC 8, 2022).

În etapa de planificare sunt cuprinse principalele procese de proiectare, deoarece în această etapă se realizează, atât proiectul concept, proiectul pentru obținerea autorizației de construire, cât și proiectul tehnic (RTC 8, 2022).

În etapa de realizare se construiește obiectivul proiectat, iar proiectantul are responsabilitatea adaptării proiectului tehnic de execuție la condițiile din teren (RTC 8, 2022).



Figura 2.6. *Etapizarea proiectelor propusă de standardele BIM (Adaptare după: (RTC 8, 2022)).*

Etapizarea propusă de Royal Institute of British Architects (RIBA)

În anul 2020 RIBA a redefinit etapele după care trebuie să fie realizate proiectele, propunând o împărțire a acestui proces în următoarele opt etape: 0 - definire strategică (strategic definition), 1 – pregătire și definirea temei de proiectare (preparation and briefing), 2 – proiectare conceptuală (concept design), 3 – coordonare spațială (spatial coordination), 4 – proiectul tehnic (technical design), 5 – fabricare și construire (manufacturing and construction), 6 – predare/recepție (handover) și 7 – exploatare (use) (*Figura 2.7*) (RIBA, 2020).



Figura 2.7. *Etapizarea proiectelor propusă de RIBA. (Adaptare după (RIBA, 2020)).*

Primele trei etape ale proiectului au obiective asemănătoare cu cele definite de OAR, în sensul că în etapa de definire strategică sunt definite obiectivele beneficiarului și are loc evaluarea proiectului în ceea ce privește bugetul, riscurile și amplasamentul. Ulterior, în etapa pregătitoare, se întocmește tema de proiectare preliminară, ce definește obiectivele generale ale proiectului, dar și exigențe cu privire la necesarul de spații, sustenabilitate, nivelul de calitate dorit, buget și termenele de realizare a proiectului. În cazul în care este necesar un studiu de fezabilitate, acesta se realizează în această etapă a proiectului. Cei de la RIBA consideră că în aceste prime două etape nu este necesară implicarea echipei de proiectare (RIBA, 2020).

În etapa de concept proiectanții livrează conceptul de arhitectură, care trebuie să satisfacă într-o cât mai mare măsură exigențele stabilite prin tema de proiectare preliminară, însă în cazuri justificate, proiectantul poate să solicite beneficiarului aprobarea anumitor derogări de la această temă (RIBA, 2020).

O particularitate și o noutate cu care vine planul de lucru propus de RIBA este inserarea etapei de coordonare spațială după etapa de concept. Separarea acestui proces într-o etapă distinctă a procesului de proiectare vine ca răspuns la necesitatea acordării unei atenții mai sporite acestei etape, deoarece lipsa coordonării dintre proiectele de specialitate generează adesea erori de proiectare ce cauzează depășiri ale termenelor și costurilor de proiectare (Alaloul et al., 2016).

Etapizarea unui proiect din perspectiva Institutului American al Arhitecților (AIA - The American Institute of Architects)

În SUA proiectele livrate tradițional sunt împărțite în șapte etape: pre-proiectare (pre-design), proiectare schematică (schematic design), dezvoltarea proiectului (design

development), documentația pentru construire (construction documents), obținerea autorizațiilor și licitarea execuției lucrărilor (agency permit / bidding), execuția lucrărilor (construction) și încheierea lucrărilor (closeout). Proiectele la care se utilizează principiul livrării integrate (IPD – Integrated Project Delivery) au o etapizare ușor diferită, deoarece în aceste proiecte toate părțile interesate de proiect trebuie să fie implicate încă din etapele preliminare ale proiectului. Aceste proiecte parcurg următoarele etape: conceptualizare (conceptualization), proiectare pe baza criteriilor (criteria design), proiectare detaliată (detailed design), documentația de implementare a proiectului (implementing documents), consultarea avizatorilor (agency review), realizarea construcției (construction), încheierea lucrărilor (closeout) (*Figura 2.8*) (The American Institute of Architects, 2014).



Figura 2.8. *Etapizarea proiectelor propusă de AIA (The American Institute of Architects, 2014).*

În etapa de pre-proiectare are loc ceea ce în spațiul american se numește ”programming” și anume procesul prin care sunt definite cerințele beneficiarului, obiectivele proiectului, este evaluat preliminar amplasamentul și construcțiile existente, sunt identificate limitări, normative și reglementările urbanistice, proiectantul asistând în tot acest proces beneficiarul pentru luarea deciziilor importante (The American Institute of Architects & Associated General Contractors, 2011). Procesele întreprinse în această etapă corespund, așadar, într-o mare măsură cu cele realizate în alte țări.

În SUA a fost sesizat încă de acum mai bine de zece ani faptul că, datorită modului în care au evoluat programele de proiectare în ceea ce privește ușurarea procesului de modelare 3D, a început să devină o normalitate ca modele 3D schematice să fie utilizate încă de la primele discuții purtate cu beneficiarii în etapele preliminare ale proiectului (R.L. Hayes, 2014).

2.2. IMPORTANȚA ETAPELOR INIȚIALE DE PROIECTARE ÎN EFICIENTIZAREA PROIECTELOR

Fiecare etapă a unui proiect are o anumită importanță și are sau poate avea un anumit impact asupra performanței unui proiect. Relația dintre etapele proiectului și impactul pe care acestea îl pot avea asupra proiectului a fost studiată de mai mulți autori de-a lungul timpului, însă ea este surprinsă cel mai bine grafic în curba lui MacLeamy, ce este o adaptare a unui grafic realizat de Boyd Paulson în 1976. Graficul lui Paulson evidențiază faptul că în etapele inițiale se alocă în mod curent foarte puține resurse, în comparație cu costul total al

proiectului și pe măsură ce proiectul avansează, are loc o creștere a accentuată a costurilor proiectului. Acest grafic mai evidențiază faptul că deciziile luate la începutul proiectului au cea mai mare influență asupra proiectului și că, pe măsură ce acesta avansează, abilitatea acestora de a avea un impact important asupra performanței proiectului scade (Paulson, 1976). Patrick MacLeamy completează graficul lui Paulson adăugând curba efortului pentru proiectarea tradițională și propune o curbă de efort pentru creșterea performanței proiectului. În cazul proiectării tradiționale curba efortului evidențiază faptul că în etapele finale de proiectare se depune cel mai mult efort, însă în acel moment al proiectului abilitatea de avea un impact asupra costurilor proiectului este redusă semnificativ, iar costurile de modificare a proiectului sunt crescute. Din această cauză el propune o curbă de efort ideală, în care volumul mai mare de efort se realizează în etapele inițiale de proiectare, când abilitatea de a avea un impact important asupra performanței proiectului este foarte ridicată, iar costurile de reproiectare sunt reduse (Patrick MacLeamy, 2004).

Graficul lui MacLeamy a fost mai apoi adaptat de diferiți autori, producători de diferite soluții software de proiectare sau tehnici de livrare a proiectului care facilitează mutarea curbei de efort în etapele inițiale de proiectare. Spre exemplu, mutarea curbei efortului în etapele inițiale de proiectare poate fi asigurată prin aplicarea proceselor BIM (*Figura 2.9*) (Rafael Sacks et al., 2018) sau prin utilizarea unor tehnici de livrare integrată a proiectelor (IPD – Integrated Project Delivery) (Richard Cook et al., 2007).

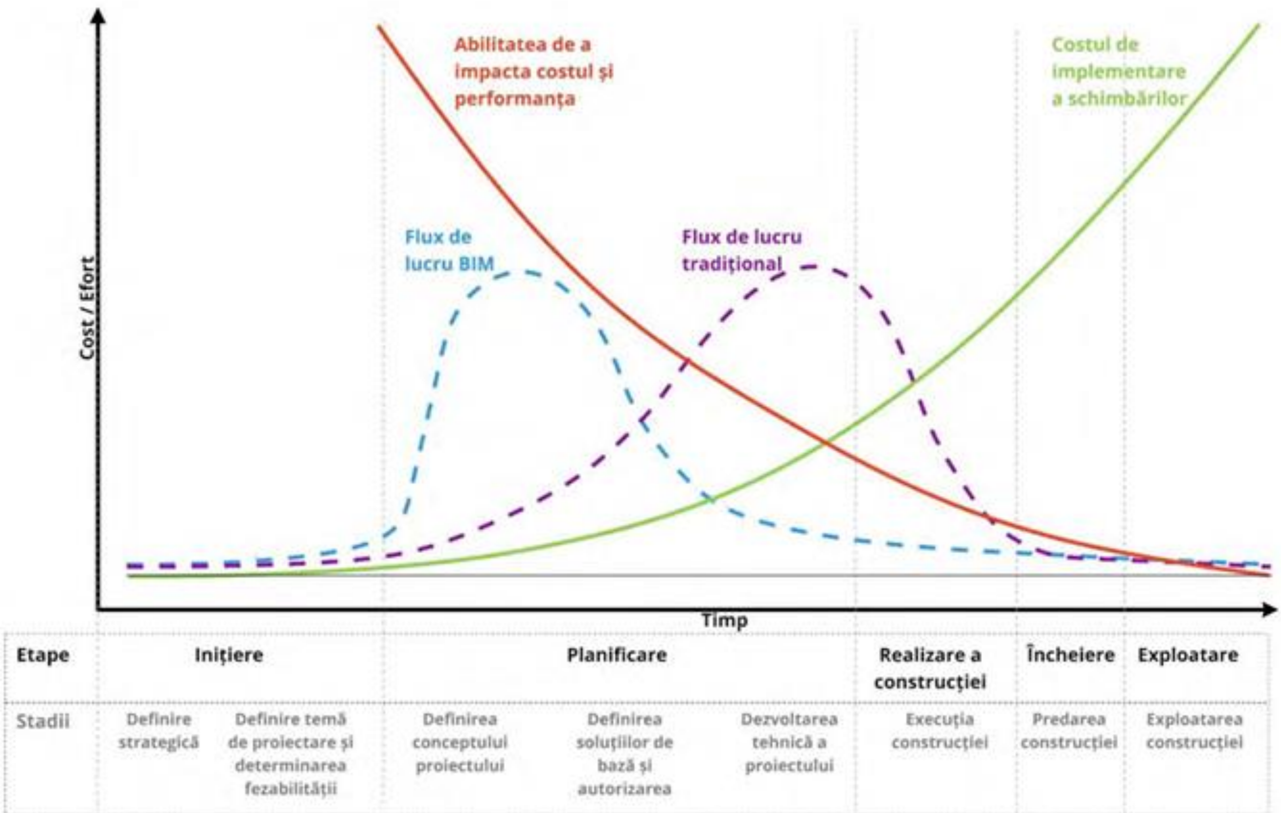


Figura 2.9. *Curba lui MacLeamy (RTC 8, 2022).*

Etapele inițiale de proiectare au o importanță deosebită și în ceea ce privește abilitatea de a reduce amprenta de carbon a construcțiilor. În etapele inițiale de planificare poate fi evitată producerea carbonului prin identificarea unor soluții prin care să poată fi satisfăcute nevoile beneficiarului fără a realiza o construcție nouă. Astfel se poate stabili, fie să nu se construiască nimic, fie să se construiască mai puțin, prin exploatarea la maxim a resurselor existente. În situația în care acest lucru nu este posibil și proiectul avansează, devine evident că acea construcție va genera o anumită cantitate de carbon, dar pot fi studiate opțiuni care vizează reducerea amprentei de carbon a construcției prin optimizarea consumului de materiale sau prin utilizarea unor materiale ce au o amprentă de carbon mai redusă. În etapa de construcție potențialul de a reduce amprenta de carbon a construcției scade considerabil, în comparație cu etapele inițiale de planificare. În această etapă poate fi redusă amprenta de carbon a construcției prin utilizarea unor tehnologii care au o amprentă de carbon scăzută și prin reducerea pierderilor și deșeurilor de orice natură. Așadar, pe măsură ce proiectul avansează, scad posibilitățile de a reduce amprenta de carbon a construcției (PAS 2080, 2023). Acest fenomen este surprins de standardul britanic de management al carbonului din domeniul construcțiilor și infrastructurii. Reprezentarea grafică a acestui fenomen poate fi studiată în *Figura 2.10*.

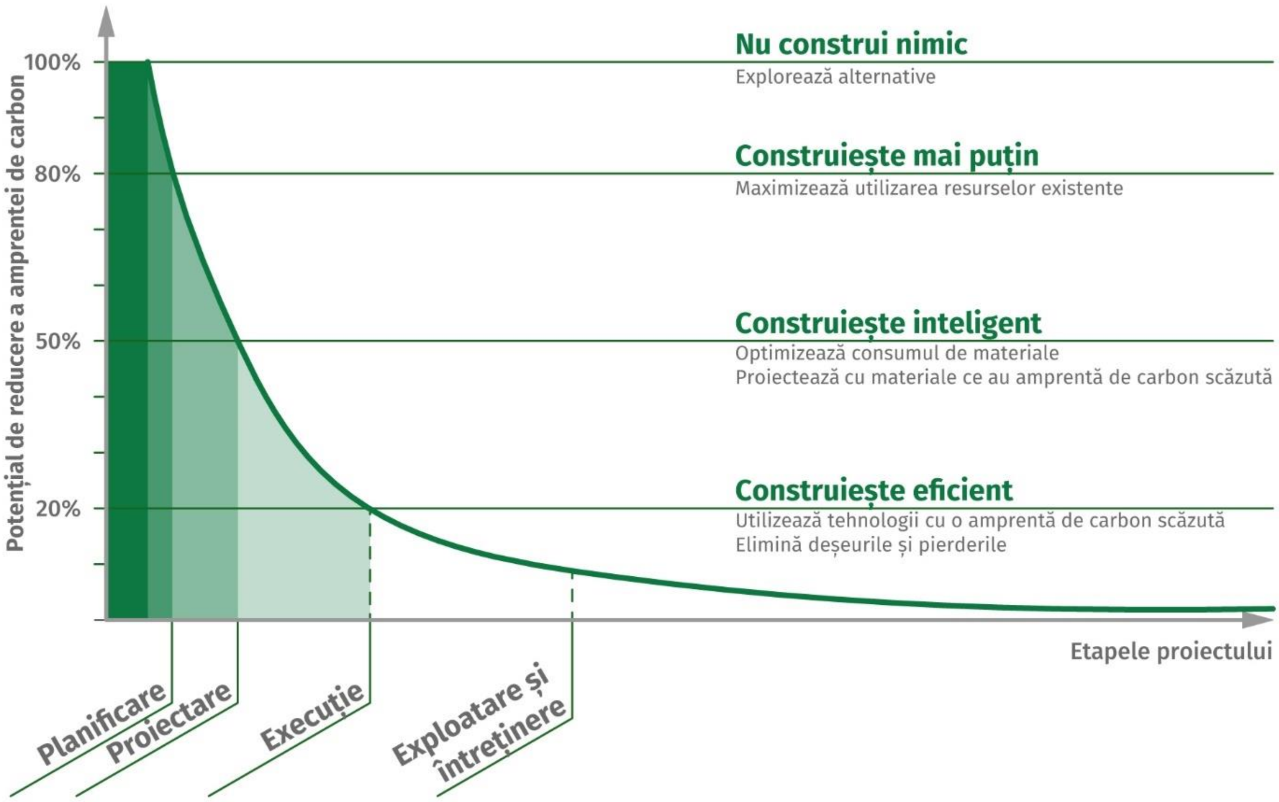


Figura 2.10. ***Potențialul de reducere a amprentei de carbon în diferite etape ale proiectului. Adaptare după (One Click LCA, 2021).***

În prezenta lucrare este analizat modul în care, prin utilizarea platformelor de proiectare generativă și a platformelor de analiză, poate fi mutată curba efortului în etapele inițiale de proiectare, prin faptul că aceste platforme permit generarea cu ușurință a unui număr mare de soluții pentru un proiect și mai apoi evaluarea acestora din punct de vedere al impactului asupra mediului. De asemenea, aceste platforme susțin realizarea evaluărilor necesare în etapa de planificare și proiectare pentru a reduce amprenta de carbon.

2.3. INDICATORI CHEIE DE PERFORMANȚĂ UTILIZAȚI ÎN EVALUAREA PROIECTELOR CONSTRUCȚIILOR

Indicatorii de performanță prezentați în această lucrare sunt o sinteză a indicatorilor ce se regăsesc frecvent în diferite sisteme de certificare a calității construcțiilor, cum sunt LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sau DGNB (Deütsches Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen – Consiliul German pentru Clădiri Sustenabile). În acest subcapitol sunt extrase din normativele aflate în vigoare, aspectele mai importante ce țin de acești indicatori de performanță.

2.3.1. INDICATORI URBANISTICI

Indicatorii urbanistici de performanță sunt indicatorii impuși de reglementările urbanistice aplicabile zonei în care urmează să se realizeze investiția. Acești indicatori urmăresc în principal definirea gabaritului construcțiilor și a modului de ocupare a terenului, însă ei sunt mereu utilizați în fazele inițiale de proiectare pentru evaluarea fezabilității unei investiții.

Principalul indicator urbanistic este Coeficientul de Utilizare a terenului (CUT), deoarece acest coeficient determină suprafața construită desfășurată maximă (S_D) a întregului ansamblu. Acest coeficient reprezintă *"raportul dintre suprafața construită desfășurată a tuturor planșeelor și suprafața parcelei" (Ecuația 2.1)* (Legea 350, 2001).

$$CUT = \frac{S_D}{S_T} \tag{2.1}$$

S_D – Suprafața construită desfășurată a tuturor planșeelor

S_T – Suprafața parcelei

Al doilea indicator urbanistic este Procentul de Ocupare a Terenului (POT). Acest indicator se obține prin calcularea raportului dintre *"amprenta la sol a clădirii sau proiecția pe sol a perimetrului etajelor superioare și suprafața parcelei" (Ecuația 2.2)* (Legea 350, 2001).

$$POT = \frac{S_c}{S_T} \tag{2.2}$$

S_C – Suprafața construită

S_T – Suprafața parcelei

Din perspectiva urbanistică, un proiect este considerat performant atunci când reușește să atingă valorile maxime legale ale acestor doi coeficienți, respectând totodată celelalte reglementări urbanistice cu privire la regimul de înălțime, retrageri, circulații, zone de protecție, număr de parcări, dotări de cartier sau spații verzi. Se întâmplă adesea ca în funcție de diferiți factori, să nu fie posibilă atingerea valorii maxime pentru niciunul dintre coeficienți. În aceste situații devine foarte importantă studierea mai multor variante de ocupare a terenului în vederea identificării celei mai performante soluții.

În cazul proiectelor pentru ansambluri de locuințe colective se urmărește în general atingerea unui CUT maxim și a unui POT mai mic prin propunerea unor construcții ce ocupă cât mai puțin din teren, dar care au un regim de înălțime crescut. Aplicând această strategie devine posibilă amenajarea unui număr mai mare de parcări la nivelul solului. Astfel sunt îndeplinite și cerințele cu privire la numărul minim de parcări într-o manieră mai economică decât în cazul amplasării parcărilor în parcaje subterane.

2.3.2. INDICATORI DE SUSTENABILITATE

Cu toate că percepția generală despre sustenabilitate este aceea că se rezumă la eficiență energetică sau consumul redus de resurse, în realitate, sustenabilitatea este un concept mai larg, ce este descris foarte bine de John Elkinton prin teoria celor 3P: Populația, Planeta și Profitul. Acesta consideră că, într-o abordare cu adevărat sustenabilă, trebuie să fie satisfăcute în egală măsură nevoile planetei, ale populației, dar și cele ale mediului economic. Așadar, conceptul de sustenabilitate are trei componente: cea socială, de mediu și economică (John Elkington, 1994). Pentru fiecare din aceste componente există indicatori de sustenabilitate, ce sunt utilizați frecvent și în mecanismele de certificare a clădirilor verzi cum sunt LEED, BREEAM, DGNB. Organismul de certificare a clădirilor verzi din Germania a reușit să conceptualizeze și să surprindă importanța egală a celor trei piloni ai sustenabilității prin gândirea sistemului de certificare astfel încât criteriile aferente fiecărui pilon să contribuie în mod egal la scorul final (DGNB, 2020).

Principalii indicatori de mediu ce țin de sustenabilitate sunt: procentul de energie primară obținută din surse regenerabile, emisiile de gaze cu efect de seră, cantitatea redusă de deșeuri produse, consumul de apă, carbonul înglobat, potențialul de diminuare a stratului de ozon, potențialul de acidifiere, potențialul de eutrofizare și potențialul de oxidare fotochimică a construcției pe întregul ciclu de viață al clădirii. Alți indicatori de sustenabilitate sunt și utilizarea materialelor reciclate, reutilizate sau din surse responsabile (Catarina Araújo et al., 2013).

Valorile pentru acești indicatori diferă în funcție de sistemul de certificare, de legislația fiecărei țări și de funcțiunea clădirii, motiv pentru care ei nu sunt detaliați în acest capitol.

Astfel, în fazele incipiente de proiectare, este esențială stabilirea sistemului de certificare dorit pentru a stabili indicatorii de performanță în funcție de exigențele respectivului sistem de certificare a clădirilor verzi.

Ce au însă comun sistemele de certificare este faptul că acești indicatori se studiază printr-o analiză realizată pe întregul ciclu de viață al clădirii (LCA – Lifecycle Assessment), în care se evaluează impactul asupra mediului atât pentru etapa de producție a materiei prime (A1-A3) și etapa de construire (A4-A5), cât și pentru etapele de exploatare (B1-B7) și post-utilizare (etapa sfârșitului ciclului de viață (C1-C4), etapa de reutilizare, recuperare și reciclare(D)). Acești indicatori sunt reprezentați grafic în *Figura 2.11* (SR EN 15978, 2012).

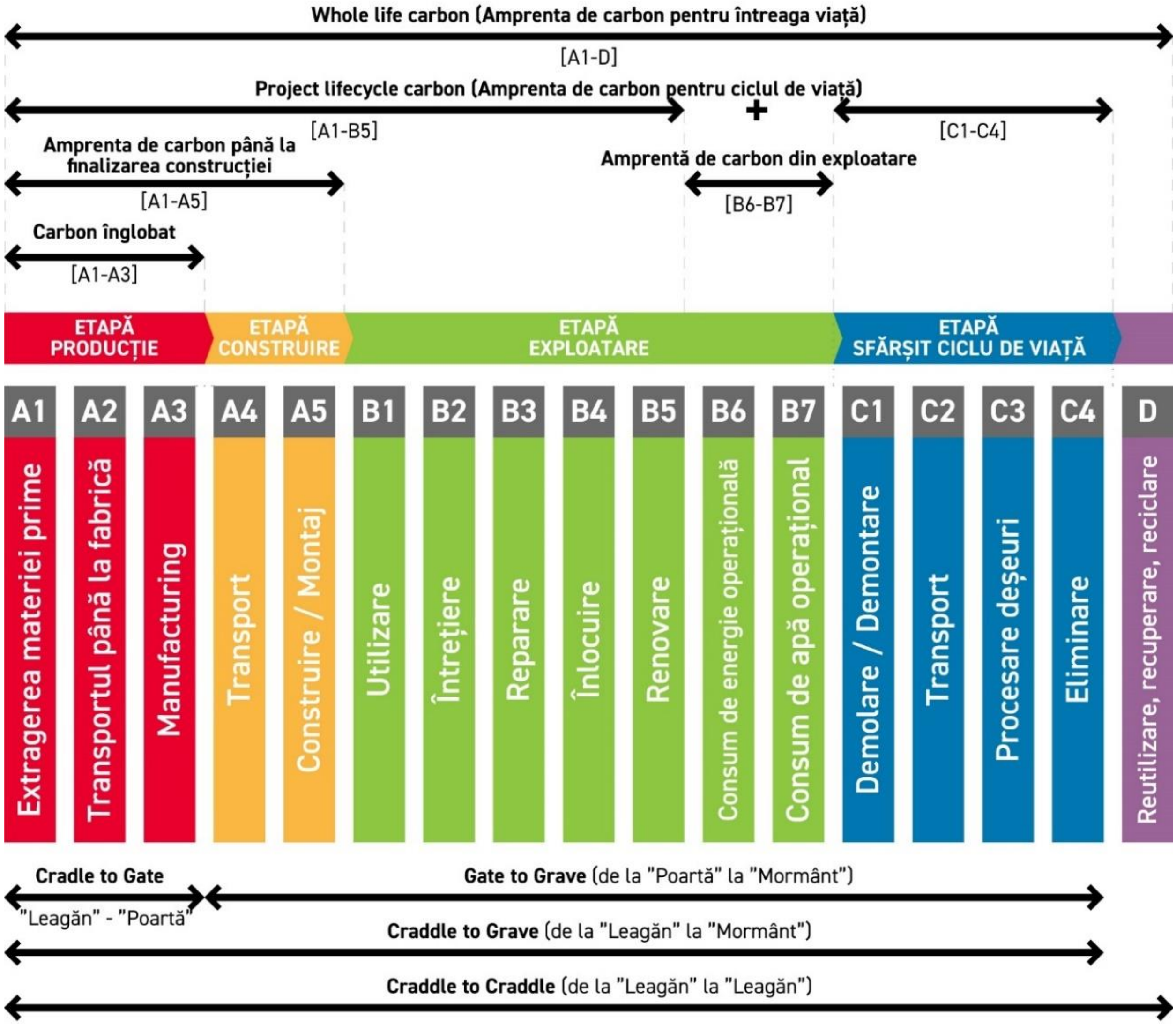


Figura 2.11. *Etapele ciclului de viață al clădirii (Adaptare după (SR EN 15978, 2012)).*

Cel mai răspândit indicator de performanță utilizat în realizarea analizelor LCA îl reprezintă carbonul înglobat. În general acesta se evaluează, fie pentru etapa de producție și construcție (A1-A5), fie pentru întregul ciclu de viață al construcției (A1-B5, C1-C4). RIBA a setat obiectivul ca până în 2030, clădirile rezidențiale încadrate în clasa B să aibă o amprentă de carbon de 625 $kgCO_2e/m^2$ pe întregul ciclu de viață al clădirii, însă Organizația

LETI din Marea Britanie propune ca până în 2030, clădirile rezidențiale trebuie să se încadreze în clasa de eficiență A și să înglobeze cel mult 300 $kgCO_2e/m^2$ pentru etapa de producție și construcție (A1-A5)(LETI, 2020).

Un studiu efectuat de One Click LCA pe mai bine de 15.000 de construcții din Europa a identificat faptul că în estul Europei construcțiile rezidențiale înglobează în jur de 600 $kgCO_2e/m^2$, în timp ce media europeană se află în jurul valorii de 420 $kgCO_2e/m^2$. Acest studiu a luat în considerare etapele A1-A4,B4-B5 și C1-C4 din ciclul de viață al clădirii și o durată de viață a clădirilor de 60 de ani (OneClick LCA, 2021). Un alt studiu a fost realizat pe un număr de 769 de clădiri rezidențiale și o durată de viață de 50 de ani și arată că, pentru clădirile rezidențiale, există în general valori ale carbonului înglobat între 400 și 800 $kgCO_2e/m^2$, media situându-se în jurul valorii de 550 $kgCO_2e/m^2$ (Röck Martin et al., 2022). Rezultatele acestor studii sunt centralizate în *Tabelul 2.2*.

Tabelul 2.2. ***Valorile medii ale carbonului înglobat determinate prin studii realizate de diferiți autori (OneClick LCA, 2021)(Röck Martin et al., 2022)(Simonen et al., 2017).***

Autorul studiului	Etape luate în calcul	Durată de viață	Carbon înglobat		
			Valoare minimă	Valoare medie	Valoare maximă
OneClick LCA	A1-A4,B4-B5, C1-C4	60 de ani	-	420	-
Ramboll	A1-A5,B1-B4,C1-C4	50 de ani	400	591	800
K. Simonen	A1-A5	-	300	438	600

Analizând aceste studii se poate observa că, din cauza neaplicării unui standard unitar la nivel internațional, apar situații în care, pentru evaluarea unor clădiri asemănătoare, se utilizează etape diferite din ciclul de viață al clădirii sau durate de viață diferite, iar din această cauză devine dificilă compararea rezultatelor obținute.

Legislația din România prevede limitele maxime admise ale consumului total de energie primară și ale emisiilor echivalente de CO^2 pentru clădirile nZEB în faza de exploatare. Valorile pentru locuințele colective sunt extrase din (MC001, 2022) și incluse în *Tabelul 2.3*.

Tabelul 2.3. ***Energia primară totală și emisiile echiv. conform (MC001, 2022).***

Zona climatică / Emisii / Energie	ZONA CLIMATICĂ				
	I	II	III	IV	V
Energie primară totală (kWh/m^2an)	99.1	103.7	105.9	109.5	113.1
Emisii echiv. ($CO2\ kg/m^2/an$)	12	12.8	13.5	14.3	15.1

2.3.3. INDICATORI ECONOMICI

Principalul indicator economic de performanță este încadrarea în costurile estimate inițial. Mai multe studii realizate în diferite țări, cu diferite nivele de dezvoltare, demonstrează faptul că marea majoritate a proiectelor se lovesc de depășiri de costuri. Printre cauzele principale identificate se numără modificările de proiect, evaluarea incorectă a costurilor de execuție sau performanța echipei de proiectare (Memon et al., 2014). Pentru a verifica dacă investiția s-a încadrat în costurile estimate se utilizează Ecuația 2.3.

$$P_{dc} = \frac{C_{final} - C_{estimat}}{C_{estimat}} \times 100 \qquad \begin{matrix} C_{final} - cost\ final \\ C_{bugetat} - cost\ estimat \end{matrix} \tag{2.3}$$

Costul total al construcției este compus din costuri directe, costurile indirecte și profit. Costurile directe se referă la costurile generate exclusiv de procesul de execuție (materiale, manoperă, amenajare teren, asigurare utilități) în timp ce costurile indirecte se referă la celelalte cheltuieli necesare pentru realizarea investiției (proiectare, dotări, active necorporale, taxe, chirii, publicitate, etc.).

Din costul total poate fi determinat și costul pe m^2. Acesta este un alt indicator economic utilizat frecvent pentru evaluarea proiectelor încă din fazele inițiale de proiectare. Pentru calcularea costului pe m^2 se utilizează ecuația 2.4.

$$C_{mp} = \frac{C_{total}}{A_{desfășurată}}\ (€/mp) \qquad \begin{matrix} C_{total} - cost\ total \\ A_{desfășurată} - arie\ desfășurată \end{matrix} \tag{2.4}$$

Costul total de deținere TCO (Total Cost of Ownership) conține costul de realizare a construcției, costurile operaționale, costurile de mentenanță calculate pentru întreaga durată de viață a clădirii. La aceste costuri pot fi adăugate și cele ocazionate de desființarea construcției sau de pierderile generate ca urmare a neutilizării construcției din varii motive. Evaluarea acestui cost este foarte importantă în condițiile actuale, în care costurile operaționale sunt în creștere din cauza majorărilor de pe piața energiei, iar această evaluare îl poate ajuta pe investitor să ia decizia de a investi în creșterea eficienței energetice, în materiale calitative și de a avea o investiție inițială mai ridicată cu scopul reducerii ulterioare a costurilor operaționale sau a celor generate de perioadele în care construcția nu este utilizabilă. TCO poate fi calculat utilizând Ecuația 2.5.

$$TCO = C_C + (C_O \times T_{ex}) + (C_M \times T_{ex}) + C_D + (C_{in} \times T_{in}) \tag{2.5}$$

$$C_C - costul\ construcției;\ C_O - costuri\ operaționale;\ T_{ex} - Durată\ de\ viață;$$
$$C_M - costuri\ mentenanță;\ C_D - costuri\ demolare;$$
$$C_{in} - costuri\ inactivitate;\ T_{in} - durată\ inactivitate;$$

Valoarea brută de dezvoltare (GDV – Gross Development Value) reprezintă valoarea totală de piață a unui ansamblu finalizat dacă ar fi vândut la prețul pieței.

Profitabilitatea investiției este calculată prin împărțirea profitului net la investiția totală și înmulțirea rezultatului cu 100. Valoarea acestui indicator de performanță poate fi

optimizată prin strategii de proiectare ce vizează creșterea valorii proprietății sau de reducere a costurilor, prin adoptarea unor soluții constructive mai eficiente sau mai economice. Valoarea proprietății poate fi crescută în proiectare prin creșteri calitative (îmbunătățirea indicatorilor de confort sau de sustenabilitate) sau prin creșteri cantitative (creșterea ariei desfășurate, a numărului de apartamente sau de parcări).

Evaluarea performanței economice a unui proiect este adesea realizată și în funcție de numărul de apartamente, numărul de parcări și suprafața închiriabilă.

2.3.4. INDICATORI DE TIMP

Respectarea termenului de finalizare a lucrărilor este cel mai important indicator temporal de performanță. La fel ca în cazul costurilor de execuție, majoritatea proiectelor de construcție sunt afectate de depășiri ale termenelor de execuție estimate inițial. Studiile arată că printre factorii care cauzează aceste depășiri de termene se numără: modificările aduse proiectului, problemele financiare ale beneficiarului și întârzierile în procesul decizional, lipsa forței de muncă sau greșelile de proiectare (Ullah et al., 2017).

2.3.5. INDICATORI DE CONFORT

2.3.5.1. Indicatori de confort acustic

Indicatorii de confort acustic sunt prevăzuți în diferite acte normative din România, cum ar fi Ordinul 119 din 2014 privind ”*Normele de igienă și sănătate publică privind mediul de viață al populației*” sau Standardul SR 10009:2017 privind ”*limitele admisibile ale nivelului de zgomot din mediul ambiant*”. Valorile pentru acest indicator sunt prezentate în *Tabelul 2.4* (OMS 119, 2014).

Tabelul 2.4 – ***Indicatori de confort acustic impuși de legislația din România (OMS 119, 2014).***

Zonă	Momentul zilei	Presiune acustică	Curba de zgomot
Exterior	Ziua (07:00 – 23:00)	55 dB	50
	Noaptea (23:00 – 07:00	45 dB	40
Interior	Ziua (07:00 – 23:00)	35 dB	30
	Noaptea (23:00 – 07:00	30 dB	25

Evaluarea zgomotului se poate realiza încă din fazele inițiale de proiectare folosind diferite programe ce au astfel de funcții cum este Autodesk Forma.

2.3.5.2. Indicatori de confort vizual

Confortul vizual este asigurat în principal cu ajutorul luminii naturale sau a iluminatului artificial de calitate. Aspectele ce țin de iluminatul natural sunt prezentate în standardul SR EN 17037:2019 – Iluminatul natural al clădirilor. Acest standard tratează aspectele uzuale ce țin de asigurarea necesarului de lumină în funcție de activitate,

asigurarea accesului la lumina directă a soarelui, evitarea efectului de orbire, dar tratează și aspectele ce țin de perspectivele sau peisajele ce se văd pe fereastră, propunând metode de evaluare a acestora. În ceea ce privește asigurarea luminii naturale, standardul european prevede că o clădire trebuie să aibă asigurați 300lx pentru 50% din spații și 100lx pentru cel puțin 95% din spații, pentru cel puțin jumătate din orele de lumină (Hraška & Čurpek, 2024).

În normele de sănătate publică din România este prevăzut faptul că locuințele trebuie amplasate astfel încât încăperile de locuit să beneficieze de lumină naturală pentru o durată de minim 1½ ore la solstițiul de iarnă. Această normă nu prevede însă un procent minim de apartamente care trebuie să respecte această prevedere, iar acest lucru reprezintă o absurditate, în condițiile în care există parcele cu o poziție sau o orientare în care este imposibilă respectarea acestei norme, iar din punct de vedere funcțional în acele zone se impune să fie realizate locuințe. Astfel dacă ar fi respectate ad litteram prevederile legii, o parte din terenuri ar deveni neconstruibile (OMS 119, 2014).

2.3.5.3. Indicatori de confort spațial

Indicatorii de confort spațial se referă la organizarea ergonomică și eficientă a spațiilor interioare și la asigurarea suprafețelor necesare pentru desfășurarea activităților. Acești indicatori spațiali sunt reglementați prin diferite normative, pentru fiecare funcțiune în parte, iar în cazul în care nu există astfel de normative, pot fi utilizate cărți de specialitate cum este Manualul Arhitectului (Ernst Neufert, 2023).

Pentru construcțiile ce au funcțiunea de locuit, indicatorii de confort spațial minimali sunt reglementați de Legea Locuinței. Acești indicatori sunt centralizați în *Tabelul 2.5.*

Tabelul 2.5. ***Suprafețele minimale reglementate de Legea Locuinței pentru construcțiile de locuit. (Legea 114, 1996)***

Persoane/ Locuință	Camere/ Locuință	Cameră de zi	Dormitoare	Loc de luat masa	Bucătărie	Încăperi sanitare	Spații de depozitare	Suprafață utilă	Suprafață construită
nr.	nr.	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²	m²
1	1	18.00	-	2.50	5.00	4.50	2.00	37.00	58.00
2	2	18.00	12.00	3.00	5.00	4.50	2.00	52.00	81.00
3	3	18.00	22.00	3.00	5.50	6.50	2.50	66.00	102.00
4	3	19.00	24.00	3.50	5.50	6.50	3.50	74.00	115.00
5	4	20.00	34.00	3.50	6.00	7.50	4.00	87.00	135.00
6	4	21.00	36.00	4.50	6.00	7.50	4.50	93.00	144.00
7	5	22.00	46.00	5.00	6.50	9.00	5.00	107.00	166.00
8	5	22.00	48.00	6.00	6.50	9.00	5.50	110.00	171.00

2.3.5.4. Indicatori de confort higrotermic

În ceea ce privește indicatorii de confort higrotermic trebuie menționat că există, atât indicatori pentru spațiul interior, cât și indicatori pentru spațiul exterior. Indicatorii pentru spațiile interioare constă în asigurarea fără variații semnificative, a nivelului optim de temperatură și umiditate, în funcție de activitatea desfășurată în interior.

Tabelul 2.6. ***Valorile pentru Indicele Climatic Universal Termic (Zare et al., 2018).***

Valori UTCI	Răspuns fiziologic	Valori UTCI	Răspuns fiziologic
sub -40	Extrem de rece	**+9 până la +26**	Fără stres termic
-40 până la -27	Stres foarte puternic la rece	**+26 până la +32**	Stres termic moderat
-27 până la -13	Stres puternic la rece	**+32 până la +38**	Stres termic puternic
-13 până la 0	Stres moderat la rece	**+38 până la +46**	Stres termic foarte puternic
0 până la 9	Ușor stres la rece	**Peste 46**	Stres termic extrem

Unul din indicatorii utilizați în proiectare pentru evaluarea confortului exterior este Indicele Climatic Universal Termic (UTCI – Universal Thermal Climatic Index), prin care se evaluează de fapt modul în care răspunde din punct de vedere fiziologic corpul uman la condițiile ambientale: temperatură exterioară, umiditatea relativă, viteza vânturilor și temperatura radiantă medie (Zare et al., 2018). Valorile pentru UTCI sunt centralizate în *Tabelul 2.6*.

2.3.5.5. Alți indicatori

În ceea ce privește calitatea aerului, indicatorii de performanță se referă la utilizarea materialelor cu concentrații reduse de compuși organici volatili (COV), amplasarea construcțiilor la distanță față de sursele de poluare olfactivă, ventilarea spațiilor interioare, asigurarea aportului de aer proaspăt.

Și în acest caz normele de sănătate publică și diferite normative prevăd distanțe de protecție sau diferiți parametrii ce trebuie îndepliniți în funcție de destinația construcției.

2.4. UTILIZAREA SISTEMELOR DECIZIONALE BAZATE PE LOGICA FUZZY ȘI A MODELELOR DECIZIONALE MULTICRITERIALE (MCDM) ÎN EVALUAREA PROIECTELOR

2.4.1. TEORIA FUZZY ȘI SISTEMELE DE INFERENȚĂ FUZZY

Spre deosebire de logica tradițională binară, ce funcționează după principiul că un element aparține sau nu unei mulțimi, logica fuzzy funcționează după principiul că orice element poate să aparțină mai multor mulțimi, în diferite grade. În logica binară valoarea gradului de apartenență poate fi 0 (nu aparține mulțimii) sau 1 (aparține total mulțimii),

însă în logica fuzzy gradul de apartenență poate avea orice valoare între 0 și 1 și astfel un element să aparțină mai mult sau mai puțin unei mulțimi (Florin Leon, 2020). Acestor valori ce definesc diferitele grade de apartenență, le pot fi atribuite diferite grade lingvistice de tipul foarte mic, mic, mediu, mare și foarte mare. Spre exemplu, în acest fel poate fi definit între ce valori suprafața unei construcții este considerată mică, medie sau foarte mare. Gradele de apartenență sunt definite folosind funcții de apartenență (Mihaela Colhon, 2012).

Logica fuzzy este integrată în sistemele decizionale prin intermediul Sistemelor de Inferență Fuzzy (FIS – Fuzzy Inference System). Aceste sisteme de inferență fuzzy pot fi de tip Mamdani, Sugeno, Tsukamoto, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) sau Tip 2. Dintre aceste sisteme, cele mai utilizate sunt cele tip Mamdani și Takagi Sugeno, motiv pentru care ele sunt prezentate pe scurt în cadrul acestui capitol.

FIS-urile sunt compuse din variabile de intrare și ieșire, funcții de apartenență, reguli lingvistice și motorul de inferență. Înainte de rularea unui sistem fuzzy este necesară configurarea lui prin parcurgerea următorilor pași:

1. Definirea variabilelor de intrare și ieșire;
2. Definirea funcțiilor de apartenență pentru realizarea procesului de fuzzificare. În această etapă are loc stabilirea gradelor lingvistice și a valorilor atribuite fiecărui grad lingvistic;
3. Definirea regulilor fuzzy. Regulile sunt utilizate de motorul de inferență pentru a lua o decizie în funcție de variabila de intrare. Aceste reguli sunt de tipul *"dacă (premisă/condiție) ... atunci (concluzie/consecință)"* și pot fi compuse din mai multe condiții folosind conjuncții de tipul *"și/sau" (Simona Dinu et al., 2023)*;

După configurarea sistemului fuzzy, datele introduse în acest sistem trec prin următorul proces, ce este schematizat în *Figura 2.12.*:

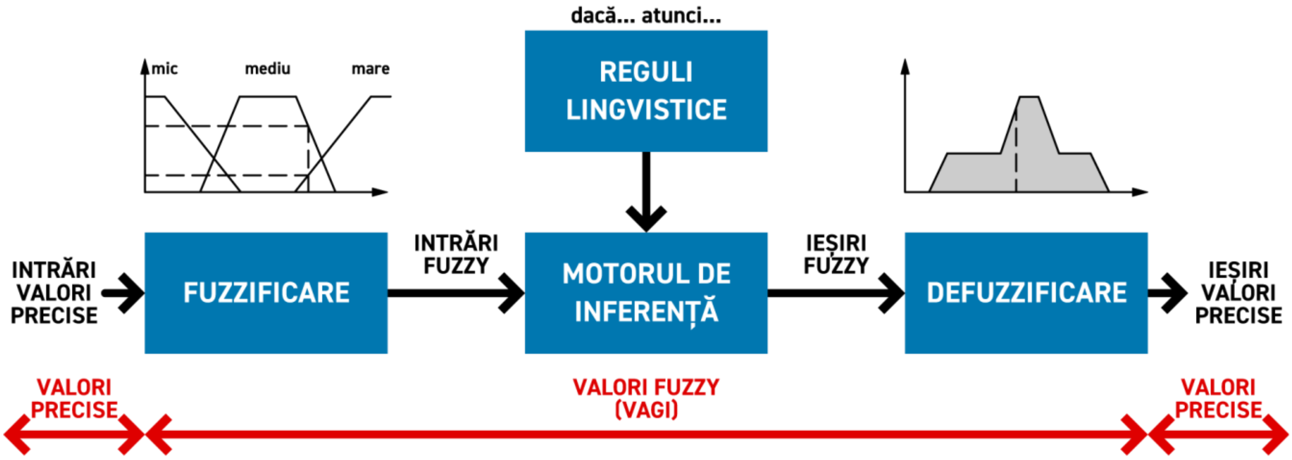


Figura 2.12. ***Structura unui sistem de inferență fuzzy Mamdani. Adaptare după (Hamza et al., 2018).***

1. Fuzzificarea – Datele introduse sub forma unor valori precise sunt transformate în valori fuzzy prin procesul de fuzzificare, utilizând funcțiile de apartenență

definite pentru intrări. Prin acest proces intrările, ce pot avea orice valoare, sunt transformate în valori cuprinse între 0 și 1 (Simona Dinu et al., 2023).

2. Aplicarea regulilor – Motorul de inferență preia valorile fuzzyficate, în funcție de aceste valori evaluează puterea de activare a fiecărei reguli și calculează pentru fiecare regulă o ieșire fuzzy (Simona Dinu et al., 2023).
3. Agregarea – Ieșirile fuzzy ce au fost obținute după aplicarea regulilor sunt mai apoi agregate pentru a obține o mulțime fuzzy de ieșire (Simona Dinu et al., 2023).
4. Defuzzificarea – În cazul FIS tip Mamdani, pentru a obține o singură valoare precisă la ieșire, mulțimile de valori fuzzy trec prin procesul de defuzzificare, folosind diferite metode cum ar fi: centroidul, bisectoarea ariei, media maximelor, minimul maximelor sau maximul. Aceste metode se diferențiază prin modul în care utilizează geometria suprafeței rezultate în urma procesului de agregare a ieșirilor pentru a calcula valoarea de ieșire (Simona Dinu et al., 2023).

   În privința defuzzificării, sistemele de inferență tip Sugeno sunt mai eficiente și nu consumă atât de multe resurse, deoarece defuzzificarea nu implică realizarea unor calcule matematice pe suprafața rezultată din agregarea ieșirilor, ci calcularea mediei rezultatelor. Această simplificare este datorată în principal faptului că regulile utilizate în motorul de inferență tip Sugeno sunt niște funcții matematice constante sau liniare, ce preiau intrările fuzzy și le transformă direct în valori precise. Sistemele de inferență Mamdani folosesc în schimb reguli lingvistice, ce preiau intrările fuzzy și le transformă în ieșiri ce au tot valori fuzzy și prin urmare au nevoie de un proces de defuzzificare pentru a fi transformate într-o ieșire cu valoare precisă (MatLAB, 2024). Pe lângă aceste diferențe în *Tabelul 2.7* sunt cuprinse alte câteva diferențe importante ce există între sistemele de inferență tip Mamdani și Sugeno.

Tabelul 2.7. ***Principalele diferențe dintre sistemele Mamdani și Takashi Sugeno Kang. Adaptare după (Hamam & Georganas, 2008) și (Budiyanto Soinangun & Muhammad Asrol, 2022).***

Caracteristică	Mamdani	Takashi Sugeno Kang
Intrări motor de inferență	mulțimi fuzzy	mulțimi fuzzy
Reguli	reguli lingvistice	funcții matematice
Ieșire motor de inferență	mulțimi fuzzy	mulțimi cu valori precise
Procese defuzzificare	centroidul, bisectoarea ariei, media maximelor, minimul maximelor sau maximul	media ponderată
Complexitate defuzzificare	ridicată	scăzută
Ieșiri multiple	da	nu

Caracteristică	Mamdani	Takashi Sugeno Kang
Suprafața ieșirilor	discontinuă	continuă
Flexibilitate în configurarea sistemului	Redusă. Creșterea numărului de intrări și grade lingvistice determină o creștere exponențială a numărului de reguli	Ridicată. Numărul de intrări nu afectează considerabil procesul de definire a regulilor
Avantaje	Practic și comod – Regulile sunt ușor de formulat și pot îngloba mai bine experiența utilizatorului	Precizie – Modul precis de calculare a ieșirilor face ca ieșirile să fie mai sensibile la modificările aduse intrărilor și să aibă evoluții predictibile
Aplicații	Situații în care relația dintre intrări și ieșiri este complexă și dificil de definit prin funcții matematice. Utilizate frecvent în sisteme decizionale	Sisteme complexe de control ce au nevoie de precizie, iar ieșirile trebuie să fie sensibile la modificările aduse intrărilor. Utilizate frecvent în aplicații de control

2.4.2. APLICAȚII ALE SISTEMELOR DECIZIONALE BAZATE PE LOGICA FUZZY ȘI A MCDM ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

În domeniul construcțiilor, luarea deciziilor este adesea îngreunată de faptul că în acest proces trebuie luați în considerare factori multipli, ce sunt incomensurabili și/sau au obiective contradictorii. Pentru a sprijini procesul decizional se utilizează adesea diferite tehnici cum sunt Sistemele de Inferență Fuzzy, ce pot fi combinate cu diferite tipuri de modele decizionale multicriteriale (MCDM), cum sunt procesele de analiză ierarhică (AHP – Analytic Hierarchy Process), procesele de analiză în rețea (ANP – Analytic Network Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), evaluarea sintetică (SE - synthetic evaluation) sau metoda sumei ponderate a obiectivelor (WSM – Weighted Sum Model).

În ceea ce privește MCDM Fuzzy, studiile realizate de (Wen et al., 2021) au identificat faptul că, în domeniul construcțiilor, modelele decizionale sunt cel mai frecvent utilizate în evaluarea riscurilor (23.08%), în alegerea strategiei (19.23%) și în alegerea furnizorilor sau a constructorilor (13.46%), dar și faptul că acestea sunt utilizate într-o măsură mai mică și în alegerea tehnologiei (7.69%), materialelor (7.69%), proiectului (7.69%), amplasamentului (7.69%), angajaților (3.85%) sau în alte aplicații (9.62%).

Același studiu arată că, în majoritatea lucrărilor analizate, s-a utilizat metoda Fuzzy AHP (44.23%), urmată de metoda Fuzzy TOPSIS (23.08%), Fuzzy ANP (7.69%), Fuzzy SE (5.77%), Fuzzy WSM (3.85%) (Wen et al., 2021).

Pe lângă evaluări cantitative sau decizii manageriale, sistemele de inferență Fuzzy au fost studiate și pentru evaluarea calitativă a construcțiilor. Spre exemplu (Jabłoński &

Grychowski, 2018) a utilizat un FIS pentru evaluarea calității mediului interior, iar (Colella et al., 2022) a urmărit evaluarea calității aerului interior din sălile de operație pentru împiedicarea infecțiilor. Alți autori cum sunt (Jabeur et al., 2021), (Cziker et al., 2008), (Alvarez-Garcia et al., 2024) sau (Chiesa et al., 2020) au utilizat FIS pentru evaluarea iluminatului interior. În aceste studii sistemele fuzzy au fost realizate în vederea controlării anumitor echipamente interioare cum sunt sistemele HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), sistemele de iluminat sau ale celor de umbrire, cu scopul creșterii performanței energetice a construcțiilor, a nivelului de confort sau a siguranței.

2.5. CONCLUZII

OSS 2.1. – Concluzii privind etapele unui proiect din perspectiva națională și internațională și particularitățile existente între diferite modele de etapizare;

Între modelele de etapizare studiate au fost identificate mai multe diferențe în ceea ce privește modul de segmentare a procesului de realizare a proiectelor din domeniul construcțiilor.

În primul rând, etapizarea proiectelor diferă de la un sistem la altul în ceea ce privește numărul de etape. Cele mai multe etape le are etapizarea propusă de Ordinul Arhitecților din România (10 etape). RIBA a fragmentat procesul de realizare a construcției în 8 etape, AIA în 7 etape, iar standardele BIM în 5 etape. Etapizarea propusă de legislația din România pentru realizarea proiectelor publice are doar 5 etape, la care se adaugă etapa de aprobare a indicatorilor tehnico-economici. Acest model însă, nu conține și etapele de execuție și exploatare.

Aproape toate sistemele de etapizare studiate nu conțin etapa de post-utilizare a construcției, iar sistemul propus de AIA nu conține nici măcar etapa de exploatare.

În cazul standardului BIM, reducerea numărului de etape a fost obținută prin integrarea într-o singură etapă a majorității proceselor de proiectare. Astfel, din perspectiva acestui standard, în etapa de proiectare se realizează, atât proiectul conceptual și cel pentru obținerea autorizației de construire, cât și proiectul tehnic. Această etapizare este oarecum atipică în condițiile în care, în procesul real de proiectare, după realizarea fiecărei etape are loc un proces de aprobare a soluției proiectate înainte de a avansa la următorul nivel de detaliere al proiectului. O justificare a acestei abordări o poate constitui faptul că standardul BIM este utilizat, atât în etapa de proiectare și cea de execuție, cât și în etapa de exploatare, iar în aceste condiții poate fi considerată mai potrivită o distribuire uniformă a etapelor între cele trei procese majore.

O altă particularitate importantă a fost observată la sistemul britanic, unde poate fi remarcat faptul că în etapizarea proiectelor a fost introdusă etapa de coordonare spațială a

proiectelor ca etapă majoră, pentru a preîntâmpina neconcordanțele între proiectele de specialitate.

În toate sistemele de etapizare a proiectelor studiate, în etapele inițiale ale proiectului se întocmește tema de proiectare, prin care se definesc parametrii construcției, obiectivele beneficiarului, constrângerile, bugetul și calendarul proiectului. Implicarea echipei de proiectare și/sau realizarea unor propuneri în etapele inițiale ale proiectului este considerată opțională în majoritatea etapizărilor studiate.

OSS 2.2. – Concluzii privind importanța etapelor inițiale de proiectare;

Studiile arată că deciziile luate în etapele inițiale de proiectare au cea mai mare capacitate de a influența costul unui proiect și că în acel moment pot fi aduse modificări proiectului cu cel mai mic efort și cu cele mai puține costuri (Paulson, 1976)(Patrick MacLeamy, 2004). Pentru a beneficia de aceste avantaje este necesar ca în procesul de proiectare să fie utilizate strategii de management și soluții software care îi oferă proiectantului posibilitatea să evalueze multicriterial multiple soluții, încă din etapele inițiale ale proiectului, astfel încât să poată lua deciziile importante într-un mod documentat.

De asemenea, etapele inițiale ale proiectului au o importanță ridicată și în ceea ce privește aspectele ce țin de sustenabilitate, deoarece deciziile luate în aceste etape influențează semnificativ amprenta de carbon a proiectului.

OSS 2.3. – Concluzii privind indicatorii cheie de performanță utilizați în evaluarea proiectelor

În prezent interesul pentru sustenabilitate este în creștere, iar sistemele de certificare a construcțiilor sustenabile sunt în general construite în jurul conceptului celor trei P: populație, planetă, profit. Astfel, aceste sisteme de certificare conțin pe lângă indicatori de sustenabilitate și indicatori ce vizează bunăstarea (wellbeing), iar atingerea acestor indicatori de performanță atrage în mod indirect și diverse avantaje economice în etapa de exploatare. Acest fenomen determină necesitatea integrării unor indicatori de sustenabilitate, confort, și economici într-un număr tot mai mare de proiecte. Așadar, asistăm la o creștere a complexității proiectelor ce este determinată de creșterea complexității exigențelor pe care construcțiile trebuie să le satisfacă.

OSS 2.4. – Concluzii privind teoria Fuzzy, componentele sistemelor de inferență fuzzy și modul de funcționare a acestora

Spre deosebire de logica tradițională binară, ce funcționează după principiul că un element aparține sau nu unei mulțimi, logica fuzzy funcționează după principiul că un element poate aparține mai multor mulțimi, dar în diferite măsuri. Astfel logica fuzzy este foarte utilă în procese decizionale multicriteriale, deoarece variabilele pe care trebuie să le

evaluăm în realitate, satisfac cel mai adesea în diferite măsuri indicatorii de performanță pe care îi urmărim.

Această logică este exploatată cel mai frecvent cu ajutorul programelor care au module pentru realizarea sistemelor de inferență Fuzzy cum este și MatLAB Fuzzy Logic Designer.

În aceste programe pot fi configurate diferite tipuri de sisteme de inferență fuzzy, dar cele mai utilizate sunt cele de tip Mamdani și Sugeno. Mamdani are o precizie mai scăzută deoarece utilizează reguli lingvistice. Acesta are aplicabilitate în realizarea modelelor decizionale, în care relația dintre intrări și ieșiri este complexă, dificil de definit prin funcții matematice. Sugeno are o precizie ridicată deoarece utilizează funcții matematice constante sau liniare în locul regulilor lingvistice. Astfel rezultatele obținute vor fi mai sensibile la modificările aduse variabilelor de intrare, motiv pentru care aceste sisteme sunt adesea utilizate în diferite controlere.

Componentele sistemelor de inferență sunt variabilele de intrare/ieșire, funcțiile de apartenență, motorul de inferență și regulile de inferență. Variabilele de intrare sunt fuzzificate folosind funcțiile de apartenență, iar motorul de inferență preia aceste date și cu ajutorul regulilor de inferență stabilește puterea de activare a fiecărei reguli. Valorile fuzzy rezultate în urma procesului de agregare realizat de motorul de inferență sunt mai apoi defuzzificate pentru a obține scorul final.

OSS 2.5. – Concluzii privind modul în care sunt utilizate sistemele bazate pe logica fuzzy și MCDM pentru evaluarea construcțiilor

Evaluarea proiectelor este un proces complex din cauza numărului foarte mare de indicatori ce trebuie luați în considerare și a faptului că acești indicatori au adesea obiective contradictorii sau valori incomensurabile. Din această cauză sistemele bazate pe logica fuzzy și modelele decizionale multicriteriale (MCDM) ce utilizează logica fuzzy sunt adesea utilizate și în sectorul construcțiilor.

Studiile realizate de alți autori au descoperit faptul că în domeniul construcțiilor se utilizează cel mai frecvent metoda Fuzzy AHP (44.23%) și metoda Fuzzy Topsis (23.08%) și că aceste MCDM sunt cel mai frecvent utilizate pentru evaluarea riscurilor (23.08%), în alegerea strategiei (19.23%) și doar într-o mică măsură în alegerea proiectului sau a amplasamentului (7.69%).

Pe de altă parte, sistemele de inferență fuzzy au o aplicabilitate mai largă în domeniul construcțiilor, fiind însă identificate două domenii principale de utilizare: realizarea modelelor decizionale manageriale și realizarea controlerelor pentru diferite echipamente ce contribuie la creșterea confortului sau performanței energetice a construcțiilor.

3. TEHNICI ȘI PROGRAME UTILIZATE ÎN PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR

În cadrul capitolului trei este studiată evoluția tehnicilor de proiectare, sunt clasificate programele utilizate în proiectare și modelele utilizate pentru evaluarea calității programelor de calcul. Structura acestui capitol este reprezentată schematic în *Figura 3.1*, iar obiectivele secundare specifice urmărite în cadrul capitolului sunt centralizate în *Tabelul 3.1*.

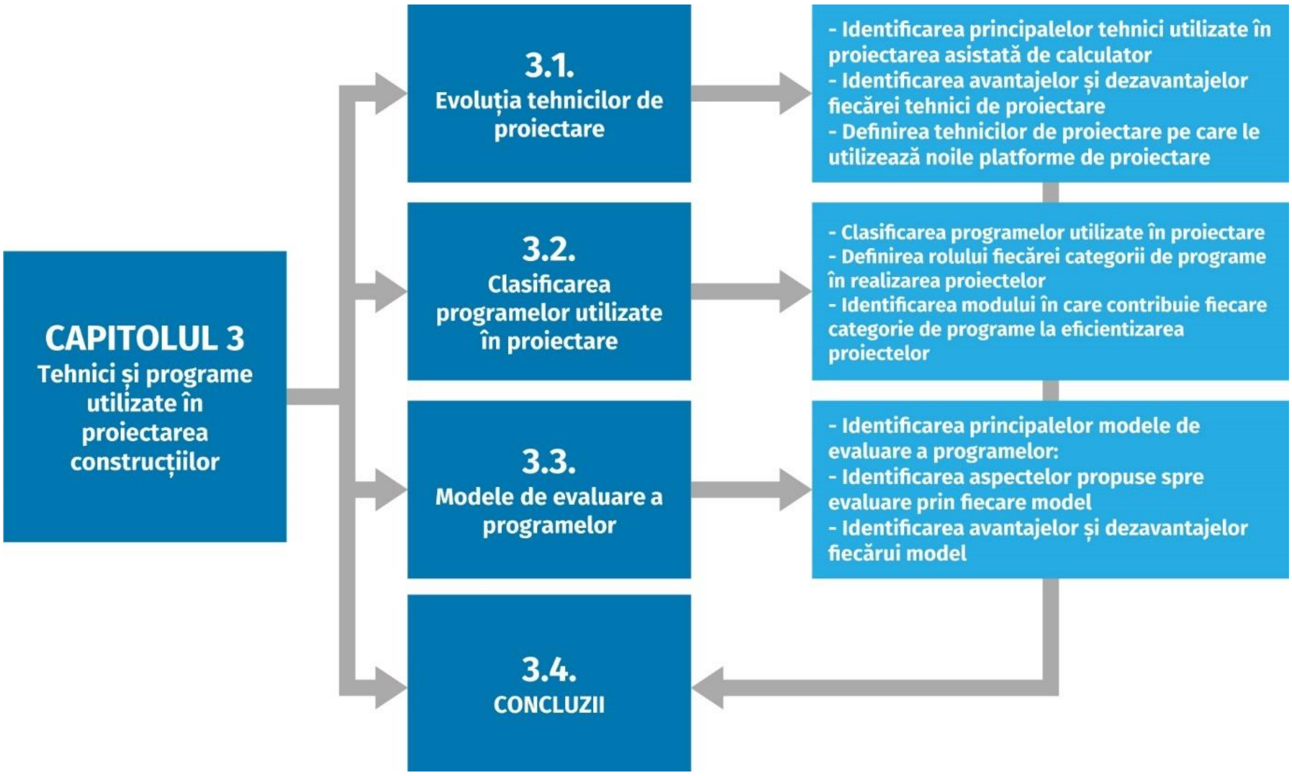


Figura 3.1. ***Structura capitolului 3 și tematica abordată în cadrul capitolului.***

Tabelul 3.1. ***Obiective secundare specifice urmărite în cadrul Capitolului 3.***

OSS 3.1.	Analiza comparativă a tehnicilor de proiectare;
OSS 3.2.	Clasificarea programelor de proiectare și identificarea modului în care contribuie fiecare tip de program la eficientizarea construcțiilor;
OSS 3.3.	Identificarea modelelor utilizate pentru evaluarea programelor de calcul, a avantajelor, dezavantajelor și a caracteristicilor pe care le evaluează;

3.1. EVOLUȚIA PROGRAMELOR ȘI TEHNICILOR DE PROIECTARE

Evoluția tehnicilor de proiectare este corelată în permanență cu evoluția programelor de proiectare. În ultimii 35 de ani domeniul proiectării a avut o evoluție accelerată de la desenul de mână, la desenul 2D în programe de tip CAD, la tehnici avansate de proiectare

computațională ce utilizează tehnologii de inteligență artificială. În subcapitolele următoare sunt prezentate pe scurt aceste etape și tehnici, pentru a putea fi înțeleasă poziționarea noilor platforme de proiectare în acest context. Această evoluție este reprezentată grafic și în *Figura 3.2*.

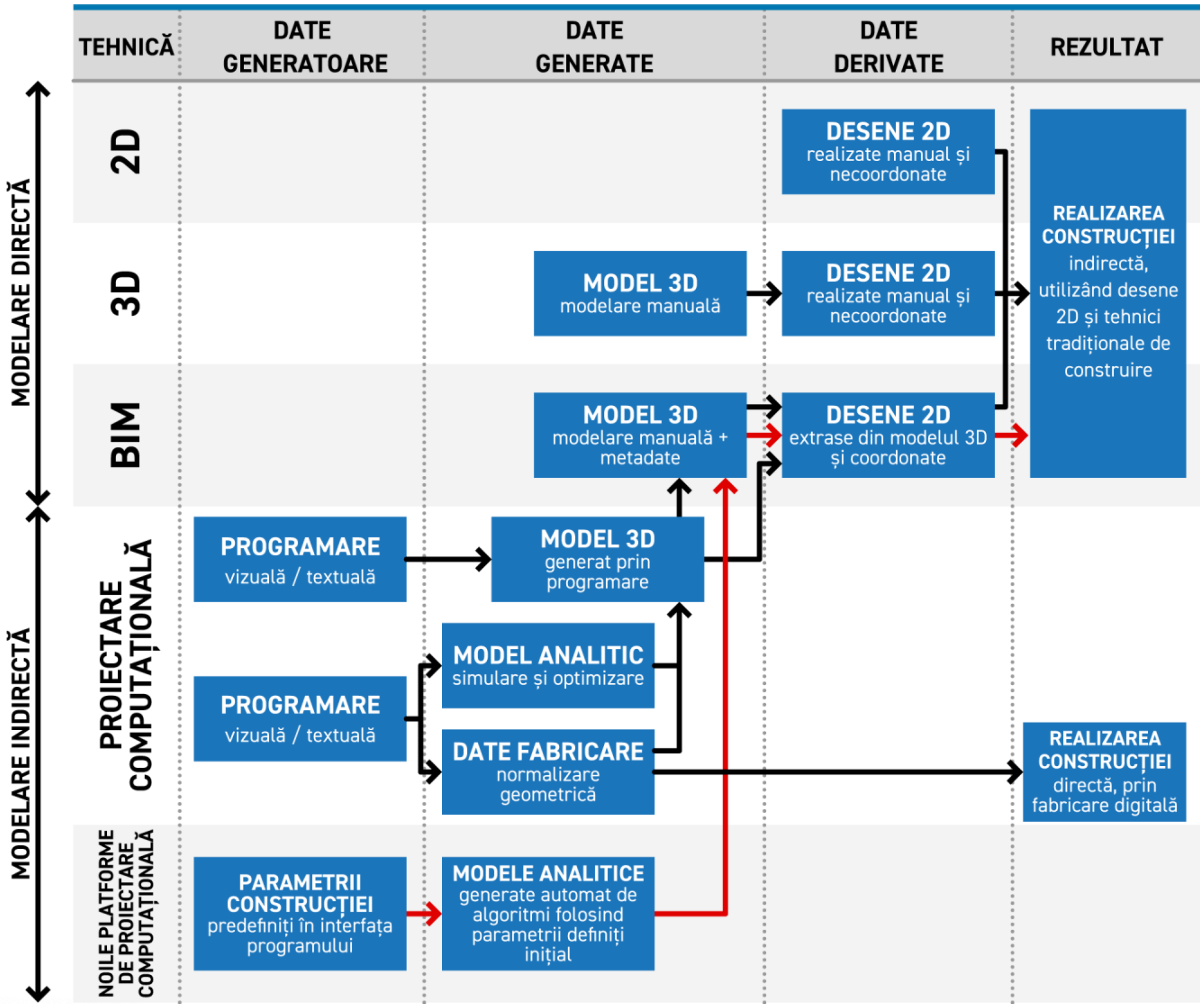


Figura 3.2. ***Evoluția tehnicilor de proiectare. Adaptare după (Robert Aish, 2013).***

3.1.1. PROIECTAREA 2D – CAD

Proiectarea CAD 2D a însemnat schimbarea mediului de lucru fizic (desenul de mână) cu unul virtual (calculatorul) (Richard Garber, 2014b). Dacă până acum 35 de ani domeniul proiectării era dominat de proiectarea 2D, în prezent acest tip de proiectare mai este utilizat doar într-o mică măsură, pentru realizarea anumitor desene tehnice ce nu pot fi extrase automat din modelul 3D.

Utilizarea proiectării 2D implică un proces de interpretare a unei reprezentări grafice bidimensionale pentru a putea construi mental spațiul tridimensional. Așadar, eficiența acestei metode de proiectare este în mare măsură dependentă de abilitățile proiectantului de a reprezenta corect și de capacitatea părților implicate în proiect de a interpreta corect

aceste reprezentări. Adesea greșelile de execuție sunt rezultatul acestor greșeli de reprezentare sau de interpretare. Faptul că înțelegerea proiectului necesită un anumit nivel de pregătire limitează implicarea celor ce nu sunt specialiști în procesul de elaborare a proiectului (Czmoch & Pękala, 2014).

Tehnicile de proiectare 2D nu oferă posibilități de automatizare a proceselor de realizare a desenelor tehnice, iar din această cauză modificările aduse proiectului implică modificarea manuală a fiecărei piese desenate afectate de respectiva modificare (Eduardo Toledo Santos & Rita Cristina Ferreira, 2008). Colaborarea între specialiști se realizează prin intermediul schimbului de fișiere. Această metodă este ineficientă, determină pierderi de informații și face procesul de coordonare a proiectelor de specialitate foarte dificil (Malak Al Hattab & Farook Hamzeh, 2013).

3.1.2. PROIECTAREA 3D

În tehnicile de proiectare 3D se utilizează programele de modelare 3D pentru partea conceptuală a proiectului, dar comunicarea dintre factorii implicați în proiect se bazează în continuare cu precădere pe fișiere ce conțin date 2D. Această tehnică de proiectare este utilizată în continuare de o mare parte din firmele de proiectare din România (Rafael Sacks et al., 2018).

Existența unui model 3D contribuie la înțelegerea proiectului și de către nespecialiști. Astfel modelele 3D pot fi utilizate chiar și în discuțiile inițiale cu beneficiarii pentru evaluarea proiectului (Liu, 2024). Pentru acest demers poate fi utilizat modelul 3D brut, imagini foto-realiste (randări), prezentări video sau tehnologii VR/AR (Sampaio et al., 2010).

Piesele desenate pot fi extrase parțial din modelul 3D, astfel atenția proiectanților poate fi orientată către aspectele ce îmbunătățesc proiectul cum ar fi explorarea mai multor soluții (Gao Ju et al., 2005).

Modelele 3D sunt însă limitate la aspectele geometrice sau spațiale și nu conțin informațiile necesare pentru evaluarea construcției, pentru construire sau pentru exploatare. Prin urmare, modelarea 3D se limitează la aspecte de reprezentare, ce sunt importante în etapa de proiectare, iar posibilitățile de utilizare a modelului 3D în întregul ciclu de viață al clădirii sunt reduse.

3.1.3. PROIECTAREA BIM

Ghidul ce reglementează ”*managementul și monitorizarea informațiilor generate în sistem BIM*” în România definește BIM ca fiind “*o metodologie de utilizare a unor tehnologii, practici și instrumente ce implică generarea și gestionarea reprezentărilor digitale ale tuturor bunurilor și elementelor din cadrul unei construcții. [...] Implementarea BIM se referă la producerea în colaborare a unui model de informație al construcției și utilizarea acestuia pentru eficientizarea activităților*

aferente fiecărei etape din ciclul de viață al construcției respective (inițierea, planificarea, realizarea, încheierea și exploatarea construcției)."(RTC 8, 2022). Așadar, BIM nu este doar un program, cum se consideră adesea, ci o abordare holistică a procesului de proiectare – execuție – exploatare a construcției, în care modelul BIM (model 3D + metadate) constituie piesa centrală și toate părțile implicate în proiectarea, realizarea sau exploatarea construcției colaborează la completarea acestui model în fiecare etapă a ciclului de viață al construcției. Modelul BIM nu constituie scopul acestui proces, ci mijlocul prin care o construcție poate fi proiectată, realizată și mai apoi exploatată eficient, deoarece acest model înglobează toate informațiile necesare pentru a putea fi luate decizii informate cu privire la construcție în orice etapă din ciclul de viață al acesteia (Borkowski, 2023).

Tipul de informații pe care le înglobează modelul BIM determină dimensionalitatea acestuia. Astfel modelul BIM poate să conțină date geometrice (3D), date despre planificarea proiectului (4D), costul proiectului (5D), sustenabilitate (6D), managementul construcției în exploatare (7D), siguranță (8D), management lean (9D) și industrializarea construcției (10D)(*Figura 3.3*)(Wildenauer, 2020).

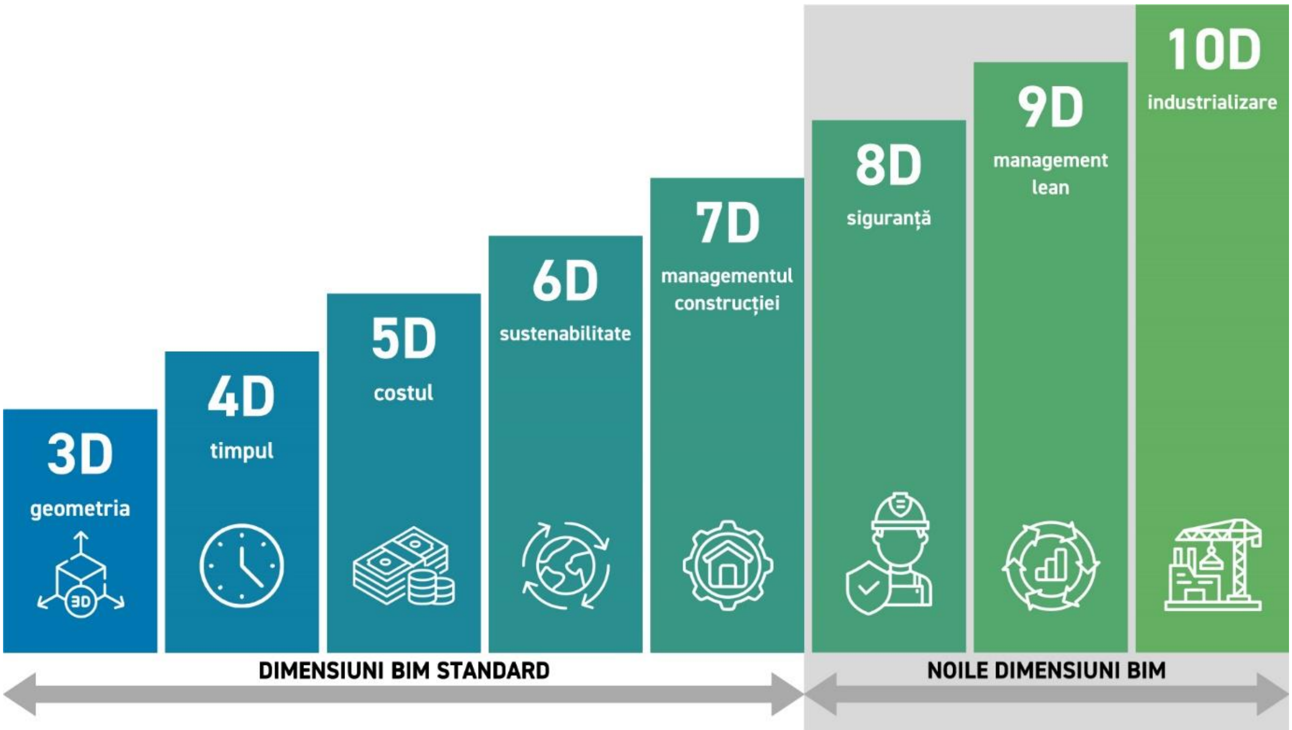


Figura 3.3. ***Dimensiunile BIM. Adaptare după (Biblus, 2019).***

Utilizarea BIM oferă multiple avantaje, ce sunt însă dependente într-o mare măsură de nivelul de detaliere și de precizia modelului BIM. Atunci când sunt îndeplinite cele două condiții, BIM ajută la estimarea mai rapidă și mai precisă a costurilor, la producerea unor documentații mai elaborate, la detectarea timpurie a coliziunilor și erorilor de proiectare. În etapa de execuție contribuie la planificarea resurselor, la îmbunătățirea procesului de aprovizionare a șantierului, la rezolvarea mai rapidă a problemelor identificate în execuție.

În etapa de exploatare BIM poate asista și eficientiza procesul de administrare a clădirii oferind informații cu privire la procedurile de utilizare, întreținere și reparare (Ullah et al., 2019)(Salleh et al., 2023).

Utilizarea programelor BIM în asociere cu tehnologiile de scanare 3D contribuie la realizarea unor liste de cantități mai precise, astfel putând fi reduse pierderile de natură fizică sau non-fizică (Savu et al., 2024).

Unul din dezavantajele BIM îl constituie faptul că procesul de proiectare are tendința să fie orientat, după cum îi spune și numele, spre modelarea informației construcției și nu spre procesul creativ de experimentare și căutare formală, în vederea identificării unor soluții mai eficiente. Un dezavantaj similar a fost constatat și de Robert Aish, ce spune că modul în care sunt structurate programele BIM îl determină pe proiectant să gândească o construcție ca un ansamblu de componente, chiar și în etapele inițiale ale proiectului, când atenția ar trebui acordată formei construcției. Tocmai de aceea, el consideră că BIM nu este o ”filozofie de proiectare”, ci doar o tehnologie și o metodologie ce sprijină livrarea proiectelor într-o manieră eficientă (Robert Aish, 2013).

3.1.4. PROIECTAREA COMPUTAȚIONALĂ

Termenul computațional își are originile în latinescul ”*computare*” (Law & Ahn, 2011), dar a fost preluat în limba română sub aceeași formă și înseamnă a calcula, a număra. Prin urmare, proiectarea computațională implică efectuarea unor calcule pentru realizarea proiectelor. Din această categorie fac parte mai multe tipuri de proiectare cum ar fi: proiectarea algoritmică, parametrică, generativă, evolutivă, biomimetică, adaptivă sau kinetică. Aceste tehnici de proiectare prezintă anumite aspecte comune, motiv pentru care în literatura de specialitate au fost constatate anumite inconsistențe în privința definirii lor (Caetano et al., 2020).

În această lucrare sunt tratate pe scurt proiectarea parametrică și proiectarea generativă, deoarece aceste metode sunt cel mai frecvent utilizate și întâlnite și în literatura de specialitate (Caetano et al., 2020).

Proiectarea parametrică

Wassim Jabi consideră proiectarea parametrică un *”proces bazat pe gândire algoritmică în care se utilizează parametri și reguli”* pentru a defini geometria unei construcții. Componentele unui sistem parametric sunt intrările, algoritmii și ieșirile (Wassim Jabi, 2013). În proiectarea parametrică proiectantul nu mai modelează în mod direct volumetria construcției, ci parametrii ce au generat respectiva volumetrie. Din acest motiv Robert Aish afirmă că proiectantul nu proiectează doar o construcție, ci și procesul ce stă la baza generării formei respectivei construcții (Aish & Bredella, 2017).

Prin proiectarea parametrică poate fi obținută rapid o varietate mai mare de soluții decât în cazul modelării 3D convenționale (Gerber et al., 2012a), însă această varietate este determinată de competențele proiectantului și de complexitatea modelului parametric. Numărul soluțiilor generate este limitat de faptul că acestea sunt obținute în urma manipulării manuale a parametrilor de către proiectant (*Figura 3.4*). Modificarea parametrilor și evaluarea soluțiilor se realizează manual și se bazează pe intuiția și experiența proiectantului (Danil Nagy et al., 2017).

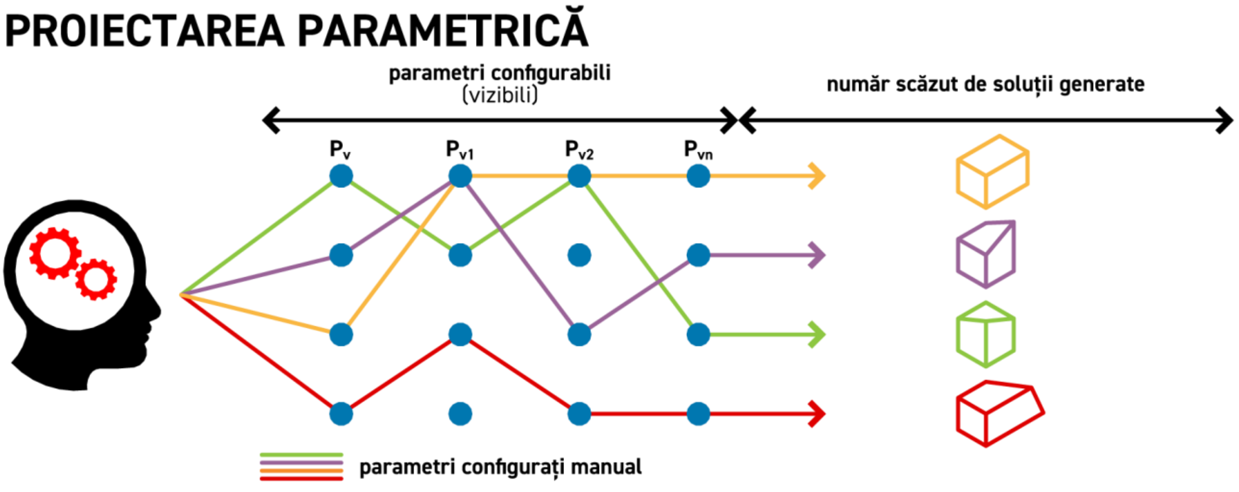


Figura 3.4. *Schematizarea procesului de generare a soluțiilor folosind proiectarea parametrică.*

Proiectarea generativă

Spre deosebire de proiectarea parametrică, proiectarea generativă implică explorarea semi-autonomă sau autonomă a soluțiilor. Ambele cazuri implică definirea unor constrângeri și obiective care stabilesc aria în care vor fi căutate soluțiile (Danil Nagy et al., 2017). În *Figura 3.5* pot fi observați cu linie continuă parametrii ce definesc constrângerile și cu linie punctată sunt combinațiile de parametri pe care le realizează automat sistemul generativ pentru a genera o varietate foarte mare de soluții.

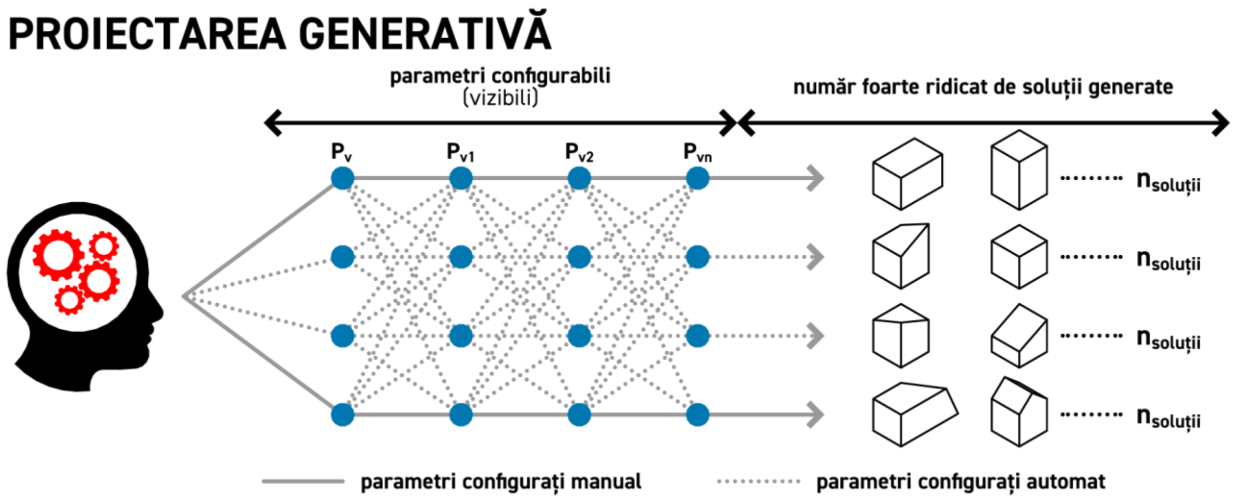


Figura 3.5. *Schematizarea procesului de generare a soluțiilor folosind proiectarea generativă.*

În explorarea semi-autonomă (*Figura 3.6*) sunt rulate succesiv toate combinațiile de parametri ce se încadrează în constrângerile predefinite de proiectant, iar la final rezultă un număr foarte ridicat de soluții ce trebuie evaluate manual utilizând diferite instrumente cum sunt graficele cu coordonate paralele, grafice radar sau sisteme decizionale fuzzy.

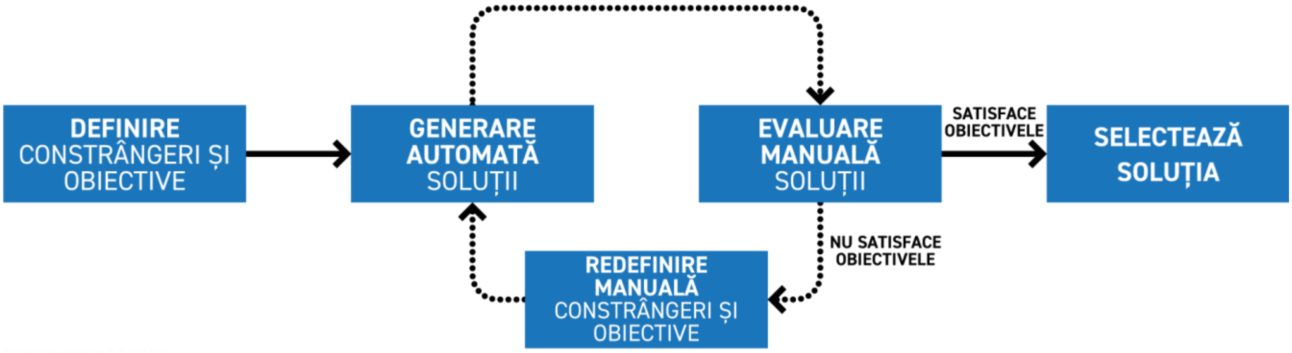


Figura 3.6. *Etapele procesului de proiectare generativă semi-autonomă (Adaptare după (Lorenzo Villaggi, f.a.)).*

În cazul explorării autonome (*Figura 3.7*) sunt utilizați algoritmi genetici ce contribuie la evaluarea automată a soluțiilor generate, optimizând treptat valorile parametrilor ce definesc geometria în vederea atingerii obiectivelor de performanță stabilite (Danil Nagy et al., 2017). Pentru acest tip de proiectare generativă se mai utilizează diverse terminologii cum ar fi proiectarea generativă bazată pe inteligență artificială (generative AI), proiectare generativă evolutivă (evolutionary generative design) sau proiectare generativă bazată pe performanță (performance-based generative design) (Caetano et al., 2020).

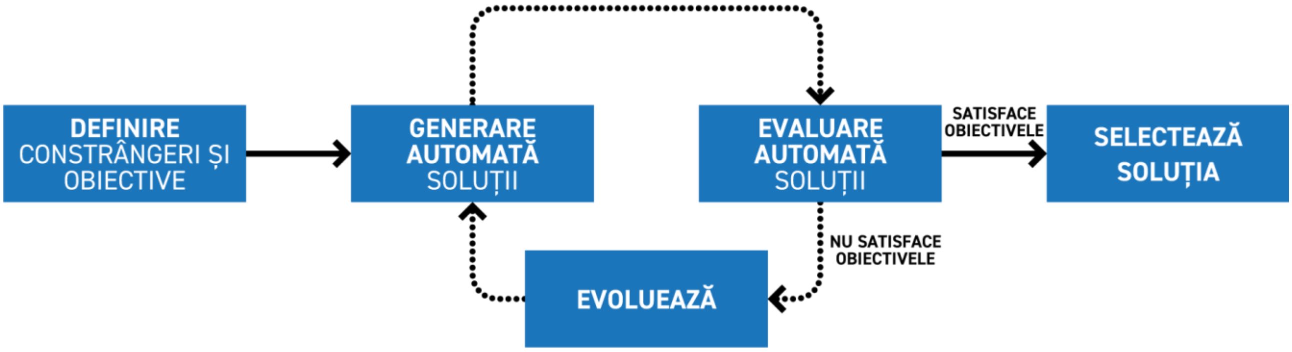


Figura 3.7. *Etapele procesului de proiectare generativă autonomă (Adaptare după (Sursa: Geometry Systems for AEC Generative Design: Codify Design Intents Into the Machine, Lorenzo Villaggi, Autodesk)*

Noile platforme de proiectare ce sunt destinate etapelor inițiale ale proiectului utilizează în general principiile proiectării generative. Dezvoltatorii a 58.3% din platformele studiate în această lucrare spun că utilizează Generative AI, 8.3% proiectare generativă și 33.3% inteligența artificială. Analizând modul de funcționare al acestor platforme se poate considera că, în realitate, toate platformele studiate utilizează proiectare generativă semi-autonomă sau autonomă, însă datorită faptului că proiectarea generativă autonomă implică

utilizarea unei forme de inteligență artificială, a fost preferată încadrarea lor în categoria programelor ce utilizează inteligență artificială din rațiuni de marketing. Acest lucru este lesne de înțeles într-un context în care nici specialiștii nu reușesc să ajungă la un consens cu privire la aceste terminologii (Caetano et al., 2020), în timp ce inteligența artificială are o răspândire mai largă și este percepută ca o tehnologie inovativă.

Cu toate că utilizează diferite forme de proiectare generativă, aceste platforme se diferențiază de proiectarea generativă clasică. În proiectarea generativă clasică proiectantul definește toți parametrii de intrare, algoritmii și parametrii de ieșire. Această abordare necesită însă cunoștințe avansate de programare (vizuală sau textuală), foarte mult timp pentru configurare, dar îi oferă proiectantului un control total asupra sistemului și implicit asupra rezultatelor generate.

Noile platforme de proiectare facilitează accesul arhitecților la instrumente de proiectare generativă, deoarece utilizarea acestora nu necesită cunoștințe de programare și au o interfață intuitivă, prietenoasă cu utilizatorul, ce ii oferă acestuia posibilitatea să configureze ușor și rapid o parte din parametrii responsabili de generarea soluțiilor (*Figura 3.8*). Pe lângă acești parametri configurabili ce sunt vizibili, platformele au și o serie de parametri și algoritmi ce sunt ascunși. Aceștia sunt predefiniți de către dezvoltatorul aplicației și prin urmare, nu pot fi configurați de proiectant. Astfel proiectantul pierde parțial controlul asupra sistemului generativ și a soluțiilor generate. Din această cauză, anumite platforme pot să genereze soluții inutilizabile sau cu multe erori pentru terenuri cu forme atipice sau pentru anumite configurații ale parametrilor de intrare, ce nu au fost testate de dezvoltatorii platformei. Totodată, aceste platforme au tendința să genereze soluții asemănătoare sau repetitive, deoarece algoritmii predefiniți pot genera un număr limitat de opțiuni.

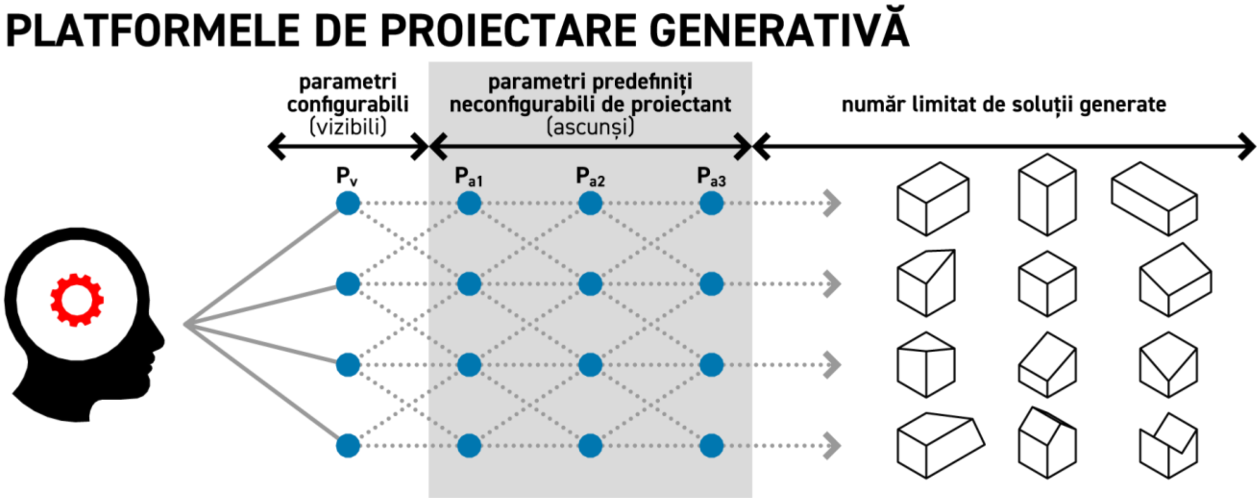


Figura 3.8. *Schematizarea procesului de generare a soluțiilor folosind noile platforme de proiectare generativă.*

3.1.5. PROIECTAREA BAZATĂ PE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ

Proiectarea bazată pe inteligență artificială face parte tot din categoria proiectării computaționale, însă utilizează algoritmi de învățare automată (ML – Machine Learning) și algoritmi de învățare structurală (DL – Deep Learning). Acest tip de proiectare a fost separat într-un capitol distinct deoarece utilizează metode diferite de proiectarea computațională clasică pentru a realiza proiectele (Baduge et al., 2022).

În momentul de față acest subiect prezintă foarte mult interes pentru cercetători, iar în ultimii ani au apărut foarte multe proiecte experimentale în care sunt utilizați diferiți algoritmi de învățare. Aceste studii testează utilizarea inteligenței artificiale în realizarea **conceptelor de arhitectură** (As et al., 2018), **a planurilor construcțiilor** (Nelson Nauata et al., 2020)(Huang & Zheng, 2018)(Wu et al., 2019), **în planificarea urbană** (Gaier et al., 2024), **în analize structurale** (Li et al., 2017) **și multe alte aplicații.**

În ceea ce privește proiectarea ansamblurilor de construcții, AI are un potențial ridicat de a produce schimbări importante datorită abilităților pe care le are în ceea ce privește automatizarea proceselor de planificare și în evaluarea unor volume mari de date pentru a sprijini procesul decizional (He & Chen, 2024).

3.2. CLASIFICAREA PROGRAMELOR UTILIZATE ÎN PROIECTARE

Programele utilizate în proiectare pot fi clasificate în diferite moduri, însă în această lucrare va fi prezentată o clasificare bazată pe funcțiile programelor. Trebuie menționat faptul că, în general, majoritatea programelor au mai multe funcții, dar încadrarea lor într-o categorie sau alta se realizează în funcție de cea principală. Această clasificare are rolul de a clarifica modul în care se diferențiază noile platforme de proiectare de celelalte programe utilizate frecvent în domeniul proiectării.

3.2.1. PROGRAME DE MODELARE

Programele de modelare sunt principalele programe utilizate în proiectare, deoarece cu ajutorul acestora se realizează modelul 3D al construcției. Din această categorie fac parte programele utilizate pentru modelare geometrică cum sunt Rhino și Sketchup, dar și programele BIM, ce au pe lângă componenta de modelare geometrică și pe cea de modelare a informației.

În funcție de metoda utilizată în procesul de modelare, aceste programe pot fi de modelare directă, în cazul în care proiectantul interacționează în mod direct modelul 3D al construcției, sau de modelare indirectă, în cazul în care proiectantul manipulează în mod

indirect geometria construcției, utilizând algoritmi definiți prin limbaje de programare vizuale sau textuale (Aish, 2011).

Programele de modelare 3D permit realizarea unor modele 3D foarte detaliate ce ajută la înțelegerea proiectului și la reducerea riscului de a avea erori de proiectare ce determină costuri suplimentare (Thom Mayne, 2012).

De asemenea, aceste programe pot avea anumite funcții care detectează coliziunile între diferite componente ale modelului 3D ce nu ar trebui să se intersecteze, cum ar fi elementele structurale cu anumite elemente de instalații. Aceste funcții îmbunătățesc procesul de coordonare a proiectelor de specialitate și ajută la evitarea erorilor de proiectare. Unele studii au identificat că atunci când se utilizează aceste funcții în locul proiectării 2D tradiționale, are loc o reducere cu 93% a solicitărilor de clarificări pe care le primesc proiectanții din partea constructorilor în timpul execuției (Dassault Systemes, f.a.).

3.2.2. PROGRAME DE PROIECTARE GENERATIVĂ

Programele de proiectare generativă utilizează tehnologii de proiectare computațională pentru a genera automat soluții pentru diferite tipuri de proiecte sau pentru diferite părți ale proiectului. Aceste programe au cu precădere funcții pentru generarea automată a:

- planurilor construcțiilor;
- construcțiilor;
- proiectelor urbanistice;

Principalul avantaj al acestor programe îl reprezintă faptul că au capacitatea să genereze automat o varietate mare de soluții ce pot fi evaluate manual sau automat utilizând diferite forme de inteligență artificială. Astfel arhitecții pot să ia decizii într-un mod informat și astfel să realizeze proiecte mai eficiente (Zhuang et al., 2023).

3.2.3. PROGRAME DE ANALIZĂ ȘI SIMULARE

Programele de analiză sunt utilizate pentru evaluarea soluțiilor proiectate în vederea optimizării proiectelor din punct de vedere economic, structural, a siguranței în execuție și exploatare, a impactului asupra mediului, a nivelului de confort din spațiile interioare și exterioare. Aceste programe pot fi la rândul lor clasificate în funcție de tipul de analize ce pot fi realizate cu ajutorul lor. Din acest punct de vedere se diferențiază patru categorii de programe de analiză:

- programe pentru analize economice;
- programe pentru analize climatice și/sau de context;
- programe pentru analize de sustenabilitate;
- programe pentru analize fizice;

Aceste programe joacă un rol foarte important în creșterea performanței mediului construit, însă pentru a avea un impact pozitiv cât mai mare asupra proiectului final, este important ca aceste programe de analiză să fie utilizate încă din fazele inițiale de proiectare. Pe măsură ce proiectul avansează și înglobează mai multă informație, timpul și costul de remediere a deficiențelor identificate în urma analizelor va crește. Avansul tehnologic a făcut posibilă utilizarea acestor programe încă din etapele inițiale de proiectare, ele fiind adesea integrate în elaborarea conceptului de arhitectură (Cynthia Ottchen, 2009).

Programele pentru analize economice sunt utilizate pentru evaluarea performanței economice a proiectului.

Programele pentru analize climatice permit vizualizarea soluțiilor proiectate din punct de vedere al nivelului de însorire, vânt sau zgomot. Aceste programe sunt utilizate cu precădere pentru creșterea performanței energetice și a nivelului de confort al utilizatorilor.

Programele pentru analize de sustenabilitate sunt utilizate pentru a determina impactul pe care îl au construcțiile asupra mediului, prin calcularea amprentei de carbon și a altor parametri de sustenabilitate.

Programele pentru analize fizice sunt utilizate cel mai frecvent pentru a realiza simulări care evaluează performanța structurală a construcției în diferite condiții și sub diferite eforturi. Aceste programe mai pot fi utilizate și pentru a genera forma unui element utilizând tehnici de căutare a formei (form-finding) ce sunt o translatare în digital a tehnicilor analogice utilizate de Antoni Gaudi sau Frei Otto (Frank Melendez, 2019).

Realizarea simulărilor fizice poate ajuta la reducerea semnificativă a eforturilor produse de vânt, iar astfel să aibă loc economii substanțiale de materiale și costuri. Spre exemplu firma de proiectare Gensler a reușit prin diferite simulări fizice să optimizeze forma clădirii și să reducă eforturile produse de vânt cu 24%, cantitatea de oțel cu 25% și costurile cu 58 de milioane de dolari (Richard Garber, 2014a).

3.2.4. PROGRAME DE VIZUALIZARE

Programele de vizualizare sunt utilizate pentru generarea unor imagini foto sau video realiste, care facilitează înțelegerea proiectului și comunicarea dintre părțile implicate în proiect în diferite etape ale acestuia (Wang et al., 2014). Aceste programe pot fi utilizate pentru:

- vizualizare statică atunci când realizează imagini fotorealiste;
- vizualizare dinamică atunci când realizează imagini video fotorealiste;
- vizualizare interactivă atunci când realizează un mediu virtual cu care se poate interacționa sau nu utilizând tehnologii de VR sau AR;

Programele de vizualizare clasice realizează calcule complexe ce au nevoie de foarte multe resurse și cer foarte mult timp pentru a produce imaginile fotorealiste. Totodată,

aceste programe necesită un timp mai îndelungat pentru configurarea proprietăților texturilor și iluminatului pentru a obține rezultate satisfăcătoare.

Noile programe de vizualizare utilizează inteligența artificială și au capacitatea să genereze imaginile fotorealiste în câteva secunde sau minute folosind schițe de mână și texte care descriu modul în care ar trebui să arate imaginea finală. În cazul acestor programe proiectantul are un control mai scăzut asupra rezultatelor finale, putând rafina rezultatul obținut doar prin modificarea textului introdus la început pentru generarea imaginii (Bao & Xiang, 2024).

3.2.5. PLATFORMELE DE COORDONARE ȘI MANAGEMENTUL PROIECTULUI

Programele de coordonare și managementul proiectului centralizează modelul 3D și datele atașate acestuia într-un mediu online, ce poate fi accesat cu ușurință de toți factorii implicați în proiect. Astfel, aceștia au acces în timp real la toate informațiile transmise, dar și la modificările aduse proiectului. Aceste platforme prezintă multiple avantaje cu privire la comunicarea dintre factori implicați în proiect și cu privire la corelarea proiectelor de specialitate (Malak Al Hattab & Farook Hamzeh, 2013).

Aceste platforme ușurează comunicarea între factorii implicați, asigurând schimbul de informații dintre factorii implicați în proiect (Akponeware & Adamu, 2017). Totodată, ele permit monitorizarea fluxului de informații și a celui de comunicare (Jacobsson & Merschbrock, 2018). Acestea înlocuiesc abordarea clasică, în care comunicarea dintre factorii implicați în proiect comunicau prin telefon, e-mail sau întâlniri fizice, deoarece această metodă era ineficientă și genera adesea neconcordanțe între diferitele părți ale proiectului (Ali Ayad Alwindawi, 2024).

Aceste platforme contribuie la coordonarea proiectelor deoarece au funcții pentru depistarea automată a coliziunilor nepermise dintre diferite elemente constructive. Totodată, permit urmărirea modificărilor aduse proiectului și vizualizarea acestora în timp real de către toți factorii implicați în proiect (Jacobsson & Merschbrock, 2018). Astfel scade considerabil riscul producerii unor erori de proiectare cauzate de necorelarea proiectelor de specialitate și implicit riscul depășirii termenelor și costurilor de proiectare din astfel de cauze (Akponeware & Adamu, 2017).

3.3. METODE DE EVALUARE A PROGRAMELOR

Pentru evaluarea calității programelor au fost dezvoltate de diverși autori zeci de modele pentru evaluarea programelor. Cele mai răspândite sunt cele dezvoltate de McCall, Boehm, Dromey, FURPS, Bertoa, Gequamo, Alavro și modelul propus de standardele ISO. În această lucrare sunt prezentate pe scurt modelele propuse de McCall, Boehm, FURPS și modelul ISO.

3.3.1. MODELUL MCCALL

Modelul de evaluare propus de McCall conține trei grupe principale de caracteristici din care fac parte 11 factori de calitate și 23 de criterii de calitate. Aceste grupe sunt: operare produs (corectitudine, fiabilitate, eficiență, integritate, utilizabilitate), revizuire produs (mentenanță, flexibilitate, testabilitate) și tranziție produs (modularitate, independența de sistemul de operare, independența de mașină, comunitatea comunicațiilor și comunitatea datelor) (Jim McCall et al., 1977) .

După cum poate fi observat modelul lui McCall evaluează doar aspecte ce țin de calitatea programului și nu conține criterii legate de funcționalitate. Pe lângă acest dezavantaj, modelul lui McCall se consideră că are un nivel scăzut de precizie, deoarece utilizează pentru evaluare doar răspunsuri de tipul da sau nu (P. Miguel et al., 2014).

3.3.2. MODELUL BOEHM

Modelul lui Boehm conține următoarele trei grupe principale de caracteristici: portabilitate, utilitate (fiabilitate, eficiență, inginerie umană), mentenanță (testabilitate, inteligibilitate, modificabilitate). Acest model se aseamănă cu cel al lui McCall, în sensul că nici acesta nu ține cont de funcțiile programului (Barry W. Boehm et al., 1976) (P. Miguel et al., 2014).

3.3.3. MODELUL FURPS

FURPS este un acronim compus din numele categoriilor de caracteristici pe care acest model de evaluare a programelor le propune. Aceste categorii sunt: **funcționalitate** (funcții, capabilități, securitate), **utilizabilitate** (factorul uman, estetica, consistența, documentația), **fiabilitate** (frecvența și severitatea erorilor, recuperabilitate, predictibilitate, precizie, durata medie a defecțiunilor), **performanță** (viteză, eficiență, disponibilitate, timp de răspuns, timp de recuperare, utilizarea resurselor) **și suportabilitate** (testabilitate, extensibilitate, adaptabilitate, mentenabilitate, compatibilitate, configurabilitate, reparabilitate, instabilitate, localizare). Aceste caracteristici sunt împărțite în două categorii: **funcționale** (funcționalitate) și **non-funcționale** (utilizabilitate, fiabilitate, performanță și suportabilitate) (Bitew & Singh, 2019).

Spre deosebire de celelalte modele prezentate anterior, modelul FURPS ia în considerare aspectele de funcționalitate. Un dezavantaj al modelului FURPS îl constituie faptul că nu ia în considerare aspectele de portabilitate (Al-Rawashdeh et al., 2014).

3.3.4. MODELUL ISO 25010:2013

Modelul ISO 25010 este o actualizare a standardului ISO 9126 ce a fost utilizat anterior pentru evaluarea programelor de calcul. Aceste modele propun două grupe principale de caracteristici spre evaluare: **caracteristicile ce țin de calitatea produsului** (internă și externă)

și **caracteristicile ce țin de calitatea în utilizare**. Caracteristicile ce țin de **calitatea în utilizare** sunt: eficacitatea, eficiența, satisfacția, lipsa riscurilor și acoperirea contextului. Caracteristicile ce țin de **calitatea produsului** sunt: adecvarea funcțională, eficiența/performanța, compatibilitatea, ușurința în utilizare, fiabilitatea, securitatea, mentenabilitatea și portabilitatea (Lidia Băjenaru et al., 2015). Caracteristicile interne și externe utilizate în modelul ISO pentru evaluarea calității programelor de calcul sunt centralizate în *Figura 3.9*.

Studiile comparative efectuate de (P. Miguel et al., 2014) pe zece modele de evaluare a programelor de calcul au arătat faptul că modelul ISO 25010 este de departe cel mai complex model de evaluare, deoarece cuprinde cele mai multe criterii în procesul de evaluare.

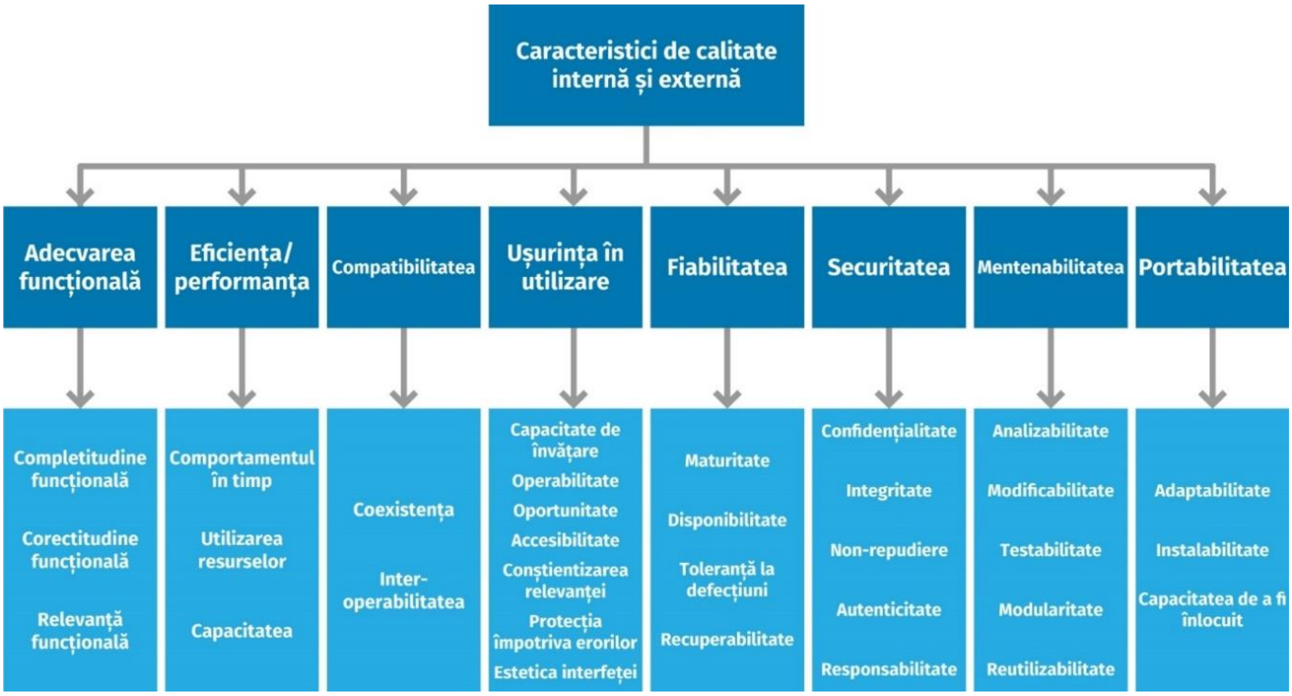


Figura 3.9. ***Caracteristicile interne și externe ce sunt utilizate în modelul ISO 25010:2013 pentru evaluarea calității programelor de calcul (Adaptare după (ISO 25010:2013, 2013)).***

3.4. CONCLUZII

OSS 3.1. Concluzii privind analiza comparativă a tehnicilor de proiectare

La momentul apariției lor, tehnicile de proiectare CAD 2D și 3D au avut o contribuție importantă la eficientizarea și evoluția domeniului proiectării, însă în prezent acestea mai au o aplicabilitate restrânsă în domeniul proiectării, din cauza incapacității de îngloba și gestiona volumul tot mai mare de date pe care îl conține un proiect. Programele BIM au capacitatea de a îngloba și gestiona volume mari de date, însă tehnica de proiectare impusă de aceste programe deturnează atenția proiectantului de la explorarea formală orientată pe creșterea performanței, spre modelarea informației (Robert Aish, 2013). Integrarea mai

multor date și studierea mai multor aspecte în procesul de proiectare a determinat ca proiectele să capete noi dimensiuni (Wildenauer, 2020).

Proiectarea computațională a determinat o schimbare de paradigmă în domeniul proiectării, deoarece acest tip de proiectare implică integrarea datelor în procesul de generare a soluțiilor. În cazul acestei tehnici de proiectare, volumetria construcțiilor este generată indirect, de către algoritmii configurați pentru prelucrarea datelor. Dacă în cazul proiectării parametrice varietatea și numărul soluțiilor generate sunt limitate de faptul că proiectantul trebuie să ajusteze manual parametrii ce determină forma construcției, în cazul proiectării generative semi-autonome poate fi generată o varietate mult mai mare de soluții, deoarece algoritmii sunt programați să ruleze automat diferite combinații ale acestor parametri ce stau la baza generării formei. Așadar, proiectarea parametrică și cea generativă semi-autonomă contribuie la generarea rapidă și ușoară a unui număr ridicat de soluții ce trebuie evaluate manual.

Proiectarea generativă autonomă însă implică utilizarea algoritmilor genetici pentru evaluarea automată a soluțiilor generate și ajustează automat configurația parametrilor ce au stat la baza generării formei construcției în vederea apropierii de obiectivele prestabilite. Așadar, acest tip de proiectare poate fi utilizat pentru optimizarea multicriterială a proiectelor.

În concluzie, programele de proiectare computațională oferă posibilitatea generării automate a unui număr ridicat de soluții, cu efort minim și într-un timp foarte scurt (Gerber et al., 2012b). Aceste tehnologii devin tot mai accesibile datorită noilor platforme de proiectare generativă, ce înglobează funcționalitățile generative într-o interfață prietenoasă cu utilizatorul și permit generarea automată a soluțiilor fără cunoștințe avansate de programare, matematică sau fizică. Astfel, în momentul de față un număr tot mai mare de arhitecți are acces la tehnici de proiectare generativă, ce pot fi integrate în activitatea de proiectare, în vederea eficientizării ei și a mediului construit (Weber et al., 2022).

OSS 3.2. Concluzii privind clasificarea programelor de proiectare și modul în care contribuie fiecare tip de program la eficientizarea construcțiilor

Apariția programelor CAD și mai apoi a celor de modelare 3D a determinat inițial doar schimbarea mediului de proiectare dintr-unul fizic, într-unul virtual, deoarece aceste programe au fost și sunt în continuare utilizate într-o mare măsură doar pentru aspecte ce țin de reprezentare, cum ar fi realizarea desenelor 2D, a modelului 3D și a modelului informațional (Richard Garber, 2014). Aceste programe se încadrează în categoria programelor de modelare.

Programele de modelare 3D contribuie la creșterea calității proiectelor deoarece facilitează înțelegerea proiectului, identificarea coliziunilor nepermise dintre diferite elemente constructive, îmbunătățirea procesului de coordonare a proiectului, reducerea

erorilor de proiectare și într-un final la reducerea timpilor și costurilor de proiectare și execuție.

Dezvoltarea acestor programe de modelare s-a concentrat în permanență pe îmbunătățirea experienței de modelare și coordonare a proiectelor, motiv pentru care a fost neglijată dezvoltarea unor funcții conexe procesului de modelare. Din cauza acestui aspect poate fi observată și o tendință spre specializarea programelor utilizate în proiectare. Această specializare se referă la apariția mai multor programe ce sunt specializate doar pe anumite funcții cum ar fi: proiectare generativă, simulare, vizualizare, coordonare. Aceste programe au capacitatea de a contribui la satisfacerea obiectivelor pentru care sunt destinate într-o manieră mult mai eficientă decât programele ce încearcă să înglobeze o plajă cât mai largă de funcții.

Principalul avantaj al programelor de proiectare generativă îl reprezintă faptul că permit generarea automată a unui număr mare de soluții, pentru proiecte de diferite dimensiuni și pentru diferite părți ale proiectului. Așadar, aceste programe pot fi utilizate atât la generarea automată a planurilor construcțiilor, cât și la generarea automată a unor soluții pentru proiecte urbanistice.

Programele de analiză și simulare sunt utilizate pentru realizarea analizelor economice, climatice, de context, de sustenabilitate sau fizice. Acestea contribuie la optimizarea proiectului încă din fazele inițiale de proiectare prin faptul că îi permit proiectantului să realizeze diferite simulări pentru a evalua performanța proiectului din diferite puncte de vedere. Faptul că informațiile necesare pentru evaluarea performanței proiectului pot fi vizualizate direct pe modelul 3D permite identificarea rapidă a problemelor proiectului, ușurând astfel evaluarea acestuia.

Programele de vizualizare utilizează diferite tehnologii pentru a genera imagini foto, video sau interactive care facilitează înțelegerea proiectului și comunicarea dintre părțile implicate în proiect, în diferite etape ale acestuia (Wang et al., 2014). Aceste programe ajută atât arhitecții, dar mai ales beneficiarii la evaluarea proiectelor și la luarea deciziilor.

Programele de coordonare și management contribuie la eficientizarea proiectelor prin îmbunătățirea comunicării dintre factorii implicați în proiect și prin modul în care ajută la corelarea proiectelor de specialitate. Funcțiile de detectare a coliziunilor dintre elementele constructive contribuie la identificarea rapidă a coliziunilor nedorite, ce pot determina în execuție costuri suplimentare sau depășiri ale termenelor de execuție.

OSS 3.3. Concluzii privind modelele utilizate pentru evaluarea programelor de calcul, avantajele, dezavantajele și a caracteristicile pe care le evaluează

În ceea ce privește metodele utilizate pentru evaluarea programelor de calcul a fost observat faptul că există un număr foarte ridicat de astfel de modele, fiecare încercând să

sintetizeze într-o manieră cât mai simplă complexitatea parametrilor ce trebuie evaluați pentru a determina calitatea unui program. A fost constatat faptul că modelele realizate înainte de anii 90, cum sunt modelele lui McCall si Boehm, nu iau în considerare aspectele ce țin de funcționalitate (Jim McCall et al., 1977). Aceste neajunsuri sunt depășite de modelele realizate mai recent, cum este modelul ISO 25010:2013, ce propune un sistem de evaluare a programelor mai apropiat de exigențele actuale ale utilizatorilor și dezvoltatorilor.

Un alt aspect constatat în urma evaluării acestor modele este faptul că majoritatea propun o evaluare mai amplă a programelor de calcul, luând în considerare aspecte de funcționalitate, eficiență, compatibilitate, utilizabilitate, fiabilitate, securitate, mentenabilitate sau portabilitate (Lidia Băjenaru et al., 2015). Acest tip de evaluare depășește cu mult obiectivele acestei lucrări ce își propune să evalueze doar funcțiile și interoperabilitatea noilor platforme de proiectare, în vederea identificării platformelor care pot satisface cel mai bine anumite obiective specifice sau cele care au cele mai multe funcții.

4. EVALUAREA NOILOR PLATFORME DE PROIECTARE

În prima parte a acestui capitol este prezentată perspectiva arhitecților cu privire la impactul pe care îl are realizarea variantelor suplimentare asupra eficienței proiectului. În partea a doua sunt prezentate noile platforme de proiectare generativă și analiză, iar în ultima parte este prezentat sistemul decizional fuzzy dezvoltat pentru evaluarea funcțiilor platformelor de proiectare și sunt prezentate rezultatele evaluărilor efectuate cu ajutorul acestui sistem decizional. Structural capitolului 4 este reprezentată schematic în *Figura 4.1*, iar obiectivele secundare specifice urmărite în cadrul capitolului sunt centralizate în *Tabelul 4.1*

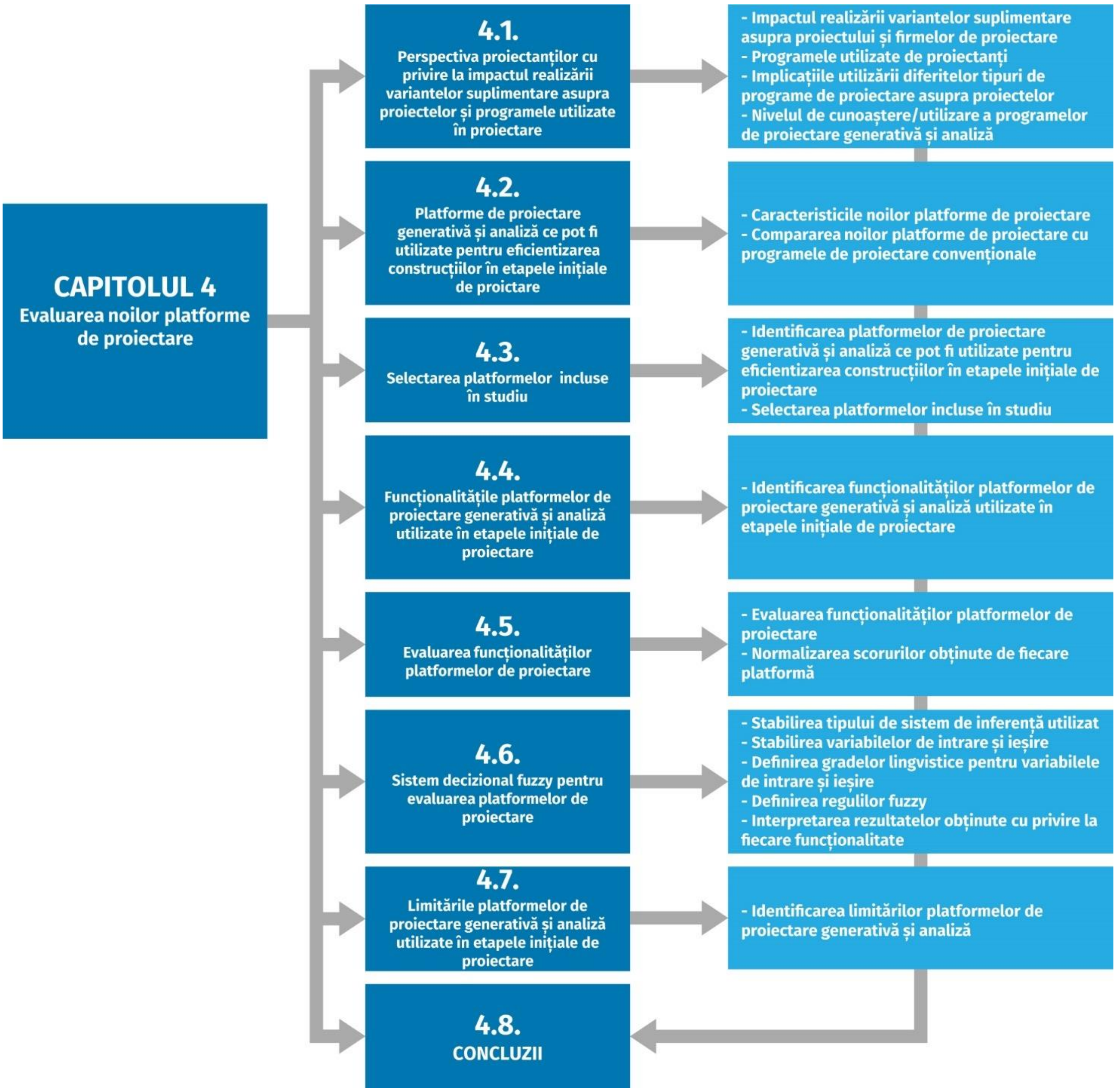


Figura 4.1. *Structura capitolului 4 și tematica abordată în cadrul capitolului.*

Tabelul 4.1. ***Obiective secundare specifice urmărite în cadrul Capitolului 4.***

OSS 4.1.	Identificarea perspectivei arhitecților cu privire la impactul pe care îl are realizarea variantelor suplimentare asupra proiectelor și arhitecților;
OSS 4.2.	Identificarea programelor utilizate de arhitecți în diferite etape de proiectare și identificarea perspectivei arhitecților cu privire la eficiența acestora;
OSS 4.3.	Identificarea și prezentarea funcțiilor noilor platforme de proiectare generativă și analiză;
OSS 4.4.	Identificarea limitărilor pe care le au noile platforme de proiectare;
OSS 4.5.	Dezvoltarea unui sistem decizional fuzzy pentru evaluarea funcțiilor noilor platforme de proiectare;

4.1. PERSPECTIVA ARHITECȚILOR CU PRIVIRE LA IMPACTUL REALIZĂRII VARIANTELOR SUPLIMENTARE ASUPRA PROIECTELOR ȘI PROGRAMELE UTILIZATE ÎN PROIECTARE

În acest capitol sunt prezentate rezultatele sondajului realizat cu mai multe scopuri. În primul rând, sondajul a urmărit identificarea implicației pe care o au modificările aduse proiectelor în etapele inițiale de proiectare asupra proiectului și firmelor de proiectare. Mai apoi a fost urmărită identificarea programelor pe care le utilizează arhitecții în etapele inițiale de proiectare și dacă utilizează în procesul de proiectare programe de proiectare generativă, de analiză de mediu, de sustenabilitate sau economică.

La sondaj au participat 30 de arhitecți, din care 76.7% sunt din județul Bihor și 23.3% din restul țării. Nivelul de experiență al celor care au participat la sondaj este relativ echilibrat, 26.7% având o experiență de 5-10 ani, 23.3% între 10 și 15 ani 20% între 15 și 20 de ani, 20% peste 20 de ani și 10% între 1 și 5 ani. În ceea ce privește experiența în proiectarea locuințelor colective, 80% din respondenți au afirmat că realizează proiecte pentru astfel de construcții. Arhitecții care au răspuns la sondaj lucrează în colective mici, 76.7% din respondenți lucrând în colective de până la 3 arhitecți.

Impactul realizării variantelor suplimentare asupra proiectelor și firmelor de proiectare.

Toți arhitecții care au răspuns la sondaj au afirmat că în procesul de realizare a proiectelor studiază mai multe variante în etapele inițiale, 36.7% afirmând că studiază în general două variante, 33.3% trei variante, 16.10% 5 variante, 10% 4 variante și 3.3% 12 variante. (Figura 4.2) Variantele suplimentare realizate de arhitecți sunt cel mai des realizate ca urmare a intenției proiectantului de a îmbunătăți proiectul (66.7%). Într-o mai mică măsură modificările sunt datorate intenției beneficiarului de a modifica proiectul (23.3%), a

altor părți interesate de proiect (6.7%) sau a solicitărilor primite din partea instituțiilor de avizare/autorizare (3.3%).

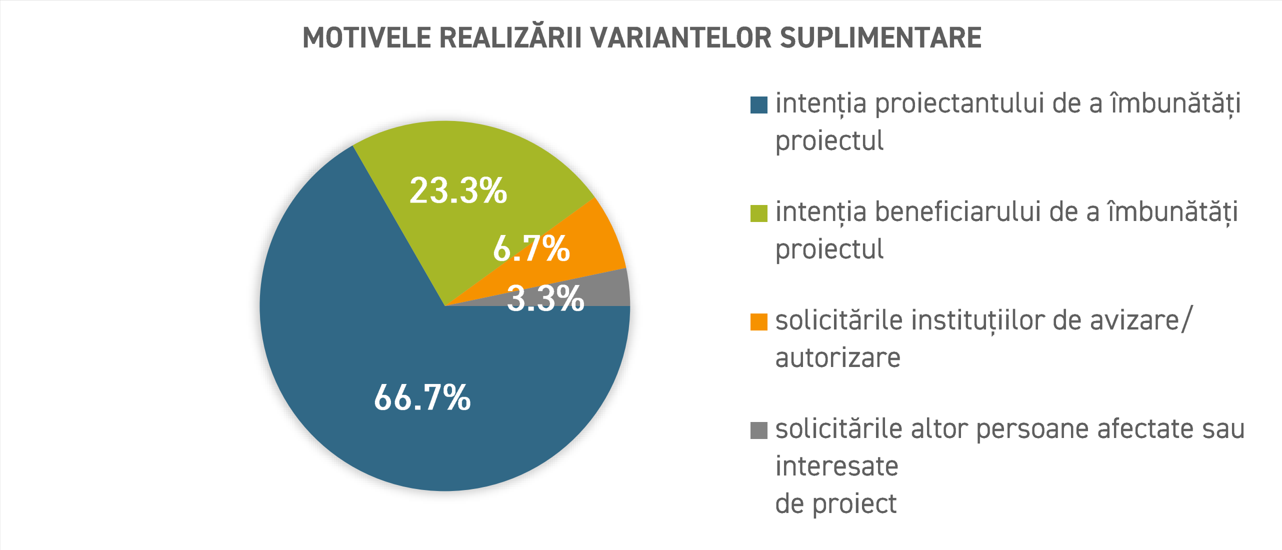


Figura 4.2 – Motivele realizării variantelor suplimentare.

Sondajul a evidențiat faptul că, în cazul proiectării unor construcții complexe de locuințe colective, timpul alocat pentru realizarea unei variante suplimentare, ce este diferită substanțial de variantele anterioare, este de peste 9 ore, dar cei mai mulți respondenți (36.7%) au estimat că alocă între 17 și 32 de ore (*Figura 4.3*).

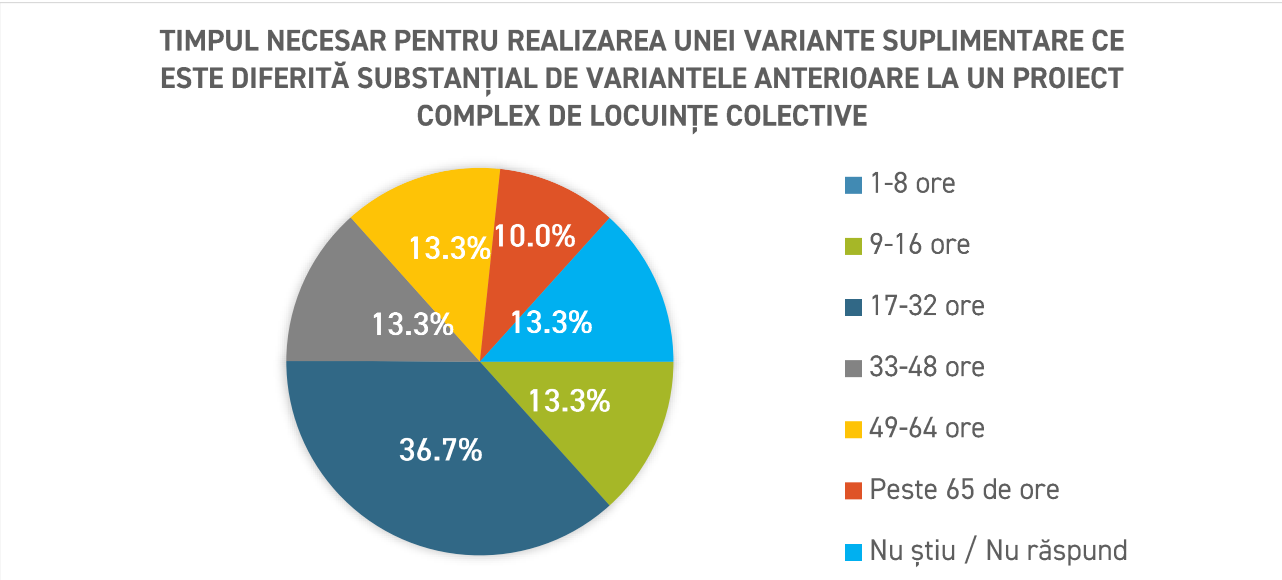


Figura 4.3. ***Timpul necesar pentru realizarea unei variante suplimentare ce este diferită substanțial de variantele realizate anterior la un proiect complex de locuințe colective.***

Mai bine de jumătate din arhitecții ce au participat la sondaj (53.3%) apreciază că realizarea variantelor suplimentare determină, la majoritatea proiectelor, depășiri ale termenelor de predare contractate inițial. Aproximativ o treime dintre arhitecți (33.3%) consideră că realizarea modificărilor determină depășiri ale termenelor de predare la o mică parte din proiecte (*Figura 4.4*).

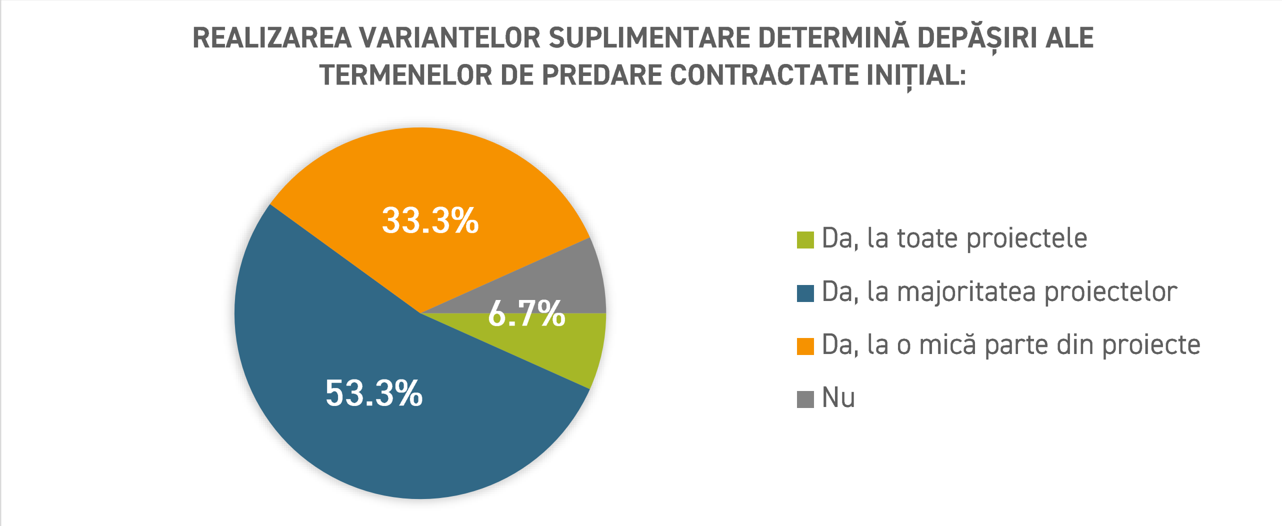


Figura 4.4. ***Impactul pe care îl are realizarea variantelor suplimentare asupra termenelor de predare contractate inițial.***

Realizarea variantelor suplimentare are un impact moderat spre ridicat asupra costurilor de proiectare, 76.7% dintre respondenți considerând că impactul este mediu (33.3%), mare (23.3%) sau foarte mare (20%). Realizarea variantelor suplimentare are însă un impact mai însemnat asupra timpilor de proiectare, 96.7% dintre arhitecți considerând că impactul este mediu (46.7%), mare (20%) sau foarte mare (30%) (*Figura 4.5*).

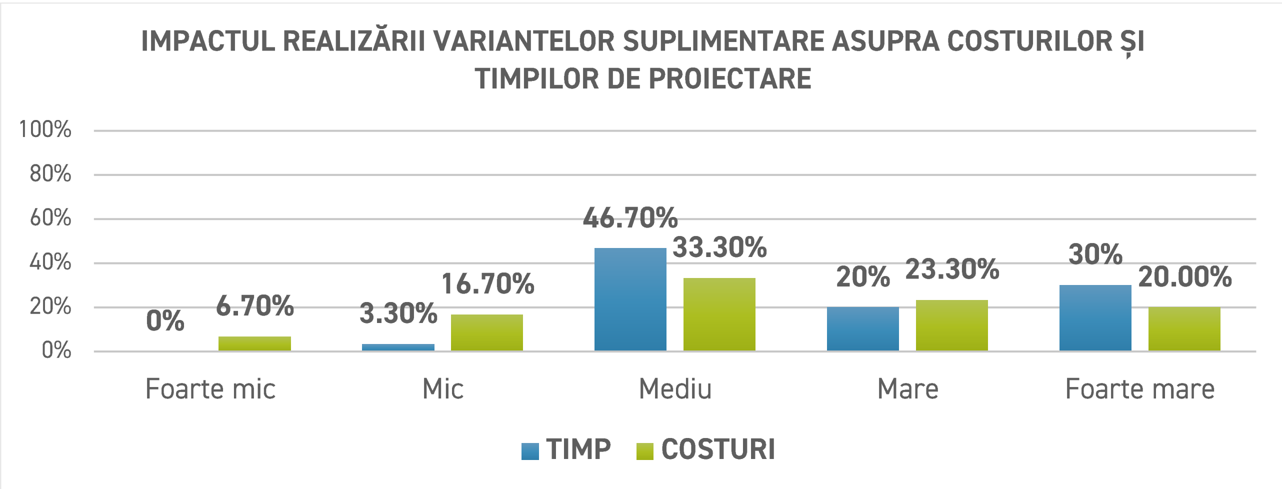


Figura 4.5. ***Impactul pe care îl are realizarea variantelor suplimentare asupra costurilor și timpilor de proiectare.***

Programe utilizate de arhitecți și implicațiile utilizării acestor programe asupra proiectelor

În etapele inițiale de proiectare aproape toți arhitecții (96.2%) utilizează programele BIM pe care le utilizează și ulterior în procesul de proiectare. Într-o mai mică măsură arhitecții utilizează programe de modelare 3D (15.4%), programe pentru analize de sustenabilitate (7.7%), pentru analize economice (7.7%), desenul de mână (3.8%) sau alte programe (3.8%). Un aspect important identificat în urma sondajului este faptul că arhitecții

nu utilizează programe de proiectare generativă sau programe de analiză de mediu în etapele inițiale de proiectare (*Figura 4.6*).

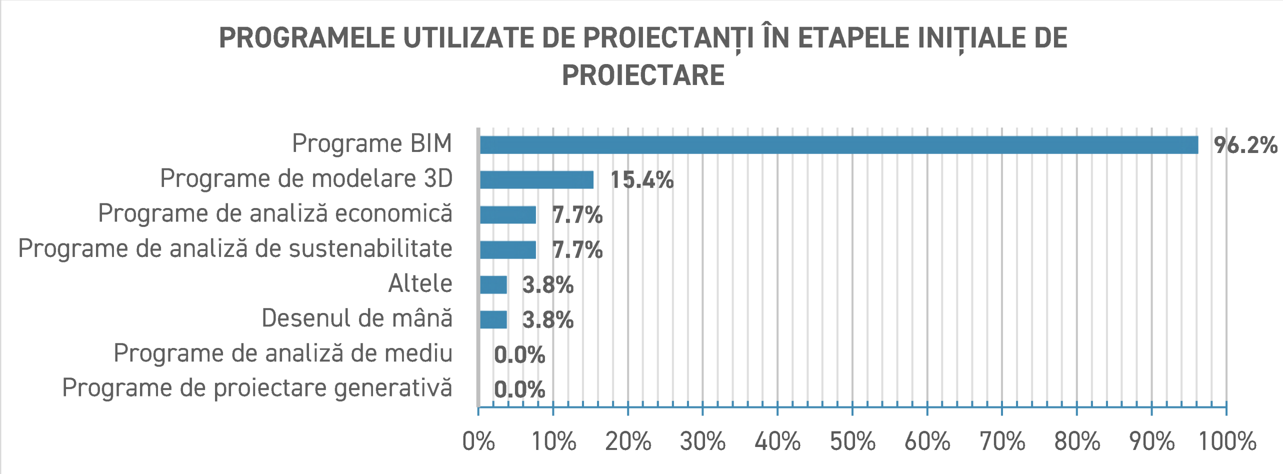


Figura 4.6. *Programele utilizate de arhitecți în etapele inițiale de proiectare*

Majoritatea arhitecților consideră că programele pe care le utilizează în etapele inițiale de proiectare sunt foarte eficiente (50%) sau eficiente (30.8%)(*Figura 4.7*).

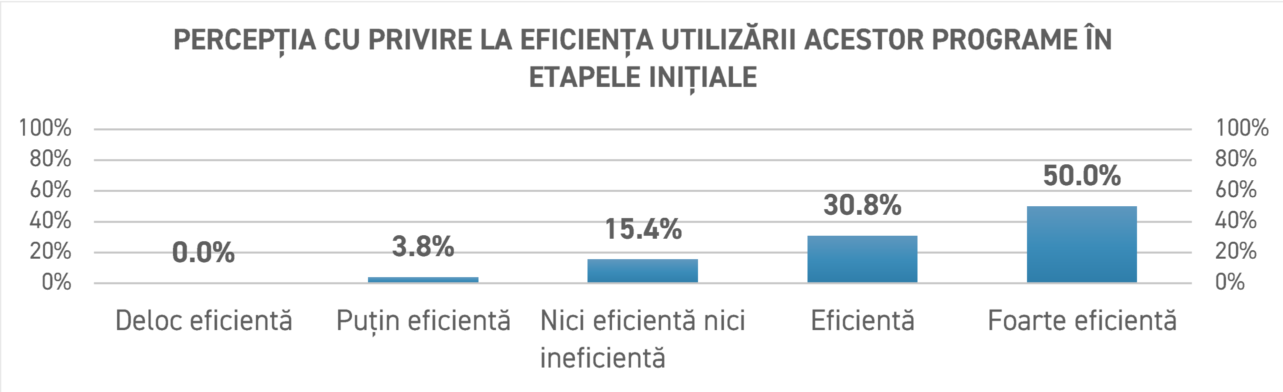


Figura 4.7. *Eficiența pe care o are utilizarea programelor selectate în etapele inițiale de proiectare.*

În urma sondajului a fost identificat faptul că doar o mică parte din respondenți cunosc sau au studiat programe de proiectare generativă (29.6%) sau pentru realizarea analizelor de mediu (29.6%), sustenabilitate (22.2%) sau economice (14.3%)(*Figura 4.8*).

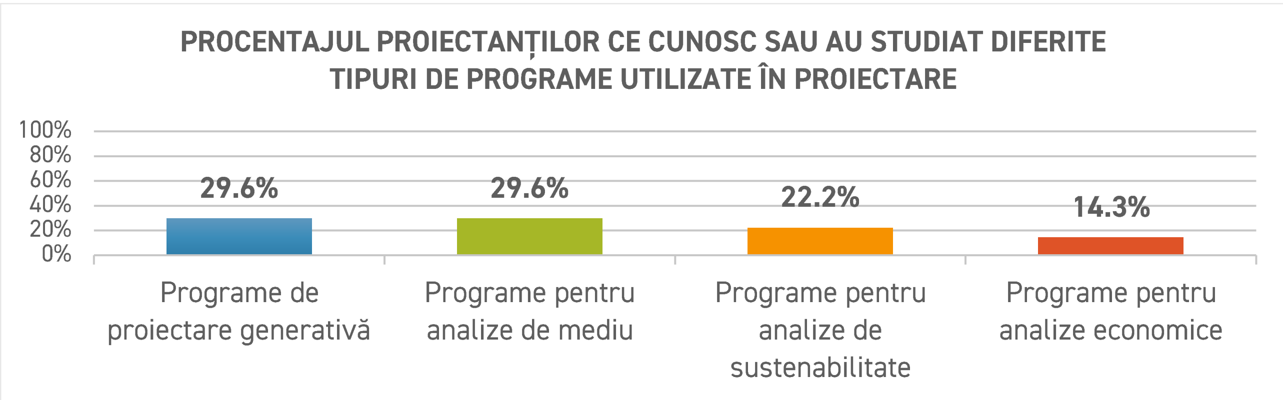


Figura 4.8. *Procentajul arhitecților ce cunosc sau au studiat diferite tipuri de programe utilizate în proiectare.*

Faptul că nu cunosc sau nu au studiat diferite programe de proiectare generativă sau analiză a determinat implicit și un număr redus de utilizatori în rândul respondenților, doar 10% afirmând că utilizează programe de proiectare generativă, 10% programe pentru analize de mediu, 10% programe pentru analize de sustenabilitate și 30% programe pentru analize economice (*Figura 4.9*). Trebuie menționat însă că la întrebarea *"ce programe utilizați pentru proiectare generativă?"*, cei trei respondenți ce au spus că utilizează astfel de programe au menționat că utilizează programul ArchiCAD, însă acest program nu poate fi considerat un program de proiectare generativă. În cazul programelor de analiză economică mai bine de jumătate dintre respondenți au afirmat că utilizează programe de devize.

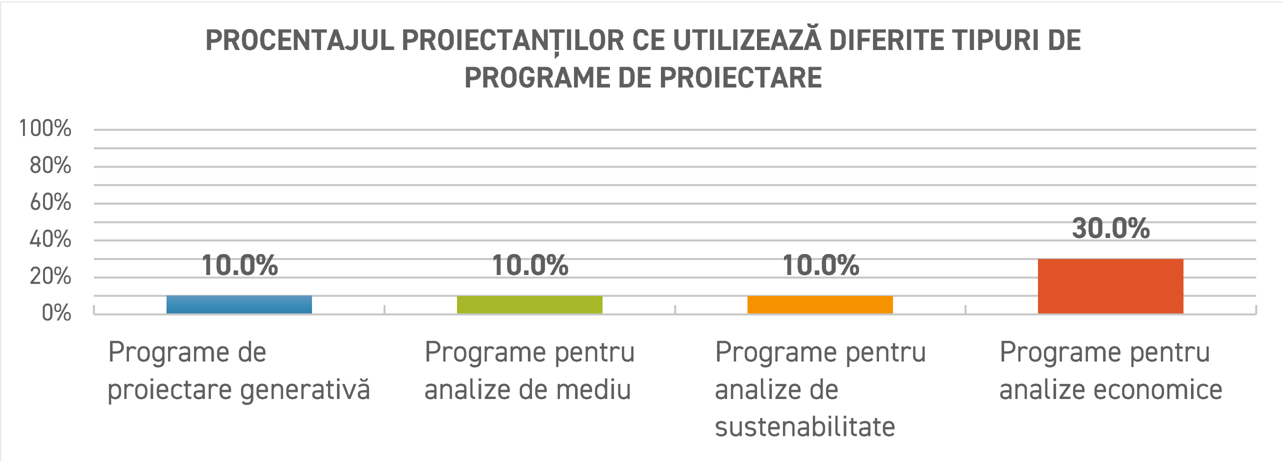


Figura 4.9. ***Procentajul arhitecților ce utilizează diferite tipuri de programe de proiectare***

Pentru a identifica în ce măsură intenționează să integreze arhitecții astfel de programe în activitatea biroului, a fost adresată această întrebare celor care cunosc sau au studiat astfel de programe. A rezultat faptul că jumătate dintre respondenți doresc să integreze în activitatea biroului programe de proiectare generativă și pentru analize de sustenabilitate și doar aproximativ o treime intenționează să integreze programe pentru analize de mediu și analize economice (*Figura 4.10*).

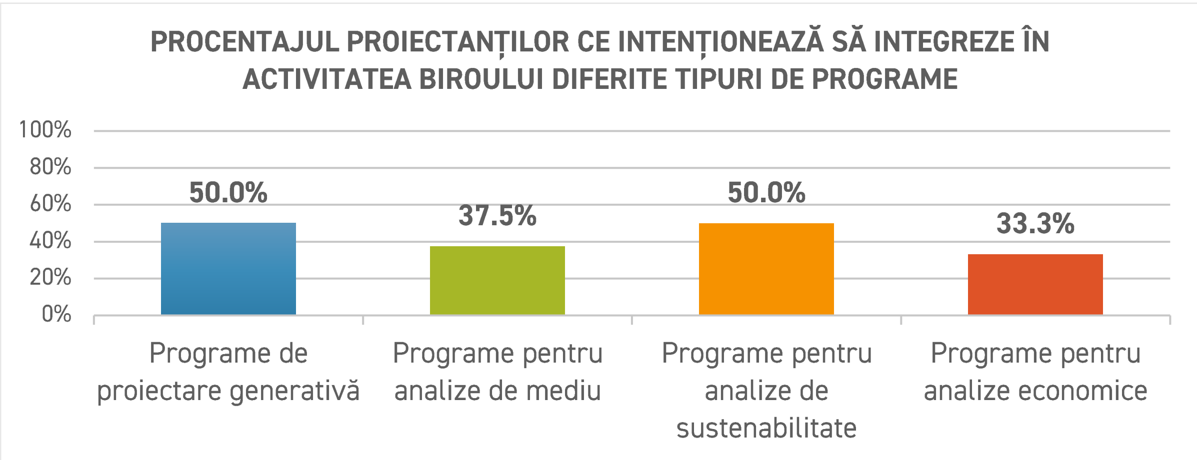


Figura 4.10. ***Procentajul arhitecților ce intenționează să integreze în activitatea biroului diferite tipuri de programe.***

4.2. PLATFORME DE PROIECTARE GENERATIVĂ ȘI ANALIZĂ CE POT FI UTILIZATE PENTRU EFICIENTIZAREA CONSTRUCȚIILOR ÎN ETAPELE INIȚIALE DE PROIECTARE

După cum a fost demonstrat în primele capitole, etapele inițiale joacă un rol determinant pentru evoluția ulterioară a proiectelor și pentru eficiența acestora. Conștientizarea acestui aspect și dezvoltarea programelor de modelare 3D și proiectare a determinat anumite schimbări în privința abordării procesului de proiectare prin translatarea a tot mai multe procese ce aveau loc în mod tradițional în etape mai avansate ale proiectului în etapele inițiale ale proiectului (R.L. Hayes, 2014).

Acest fenomen este susținut și chiar potențat de apariția a tot mai multor platforme de proiectare dezvoltate de la zero de companii de tehnologie noi ce sunt construite folosind tehnologii mai avansate bazate pe inteligență artificială și/sau pe proiectare generativă (Fabian et al., 2024). Spre deosebire de programele BIM convenționale, ce au o aplicabilitate mai largă și pot fi utilizate în toate etapele de realizare a unui proiect, aceste platforme de proiectare sunt concepute pentru a fi utilizate cu precădere în etapele inițiale de proiectare, deoarece, în general, nivelul de detaliere al proiectelor este unul schematic și nu pot fi realizate planșe tehnice. Astfel, pentru a fi finalizat, proiectul trebuie transferat într-un program BIM, unde poate fi detaliat până la nivelul necesar pentru construire (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Aceste noi platforme de proiectare se mai diferențiază față de programele BIM prin faptul că au întreaga interfață și funcțiile adaptate pentru a putea genera cu cât mai puțin efort o varietate mare de soluții, de modele 3D, iar mai apoi pentru a putea evalua cu ușurință aceste soluții folosind indicatori de performanță urbanistici, economici, de mediu sau de sustenabilitate (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Mai trebuie menționat faptul că noile platforme de proiectare se diferențiază de programele BIM convenționale și în ceea ce privește utilizatorul țintă. Programele BIM convenționale sunt destinate indiscutabil specialiștilor, motiv pentru care celelalte părți interesate de proiect, ce nu sunt proiectanți, cum sunt beneficiarii, trebuie să utilizeze anumite aplicații pentru a putea vizualiza proiectul și pentru a aduce observații cu privire la acesta. Noile platforme de proiectare însă au o interfață atât de intuitivă și de prietenoasă cu utilizatorul (user friendly) încât poate fi utilizată chiar și de un beneficiar ce are o minimă experiență în ceea ce privește indicatorii urbanistici cu care se operează în domeniul construcțiilor(Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Noile platforme de proiectare se mai diferențiază de programele CAD/BIM tradiționale și prin metoda de livrare a programului. Aceste noi soluții software sunt furnizate în general sub forma unui serviciu (SaaS – Software as a service). Acest lucru

înseamnă că platformele de proiectare sunt instalate în general în cloud, pe serverul dezvoltatorului platformei și se accesează prin intermediul navigatorului de internet. Astfel, aceste platforme nu se mai instalează pe calculator și nu mai au nevoie de un calculator foarte performant pentru a fi utilizate, cum se întâmplă în cazul programelor CAD/BIM, însă trebuie să existe acces la internet rapid. Faptul că platforma este găzduită pe serverul dezvoltatorului are avantajul că proiectele sunt salvate în permanență în cloud, iar riscul pierderii lor este mult mai redus decât în cazul proiectelor păstrate local, pe calculatorul proiectantului. Totodată, datorită acestui aspect, proiectele pot fi accesate de pe orice calculator cu acces la internet fără a mai fi necesară instalarea platformei înainte de a fi utilizată. O altă particularitate dată de faptul că platformele sunt găzduite pe serverul dezvoltatorului o reprezintă faptul că actualizările sunt realizate automat (Bello et al., 2021). Acest aspect poate constitui un avantaj, dar și un dezavantaj, deoarece utilizatorul nu mai deține niciun control în ceea ce privește realizarea actualizărilor, iar activitatea de proiectare poate fi perturbată de unele modificări pe care le poate aduce dezvoltatorul programului (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024). Spre exemplu în timpul experimentelor realizate în cadrul acestei lucrări, dezvoltatorul platformei Autodesk Forma a decis să elimine funcția care permitea evaluarea energiei consumate în exploatare, deoarece algoritmii de inteligență artificială utilizați pentru această analiză, ce au fost dezvoltați folosind proiectele realizate la acel moment în mod uzual în cadrul platformei, nu reușeau să furnizeze date corecte pentru proiectele tot mai complexe ce erau evaluate în cadrul platformei (Espen Wold, 2024). Astfel, realizarea experimentelor a fost afectată, deoarece nu a mai putut fi integrată în modelul decizional o analiză importantă. În cazul programelor instalate local această situație ar fi putut fi evitată, deoarece ar fi existat posibilitatea amânării instalării actualizărilor până în momentul finalizării cercetărilor.

În ceea ce privește costurile, trebuie menționat faptul că noile platforme de proiectare sunt accesate pe bază de subscripție lunară, semestrială sau anuală, neexistând posibilitatea achiziționării unei licențe perpetue. Chiar dacă în unele cazuri costul inițial este mai scăzut, în general utilizarea acestor platforme generează costuri mai mari ce pot fi amortizate doar printr-un flux constant de lucrări și nu prin durata mai lungă de utilizare a programului cum se întâmplă în cazul licențelor perpetue ale programelor BIM convenționale (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024). Toate aceste diferențe au fost centralizate în *Tabelul 4.2*.

Tabelul 4.2. ***Principalele diferențe dintre programele BIM convenționale și noile platforme de proiectare.***

Caracteristică	Programele BIM	Noile platforme de proiectare
Model furnizare software	Instalat local pe desktop	SaaS – Instalat pe cloud
Necesită acces la internet	Nu	Da
Necesită calculator performant	Da	Nu
Pot fi accesate de pe mai multe calculatoare fără instalare	Nu	Da
Tip licență	perpetuă / abonament	abonament
Actualizări program	opțional – cost adițional	inclus – automat
Back-up	opțional – cost adițional	inclus – automat
Public țintă	proiectanți	Proiectanți, dar și alte părți interesate
Etape ale proiectului în care poate fi utilizat	De la etapa inițială până la exploatare	Doar în etapele inițiale
Nivel de detaliere (LOD)	100 – 500	100 – 200
Generare automată rapoarte	Da – necesită configurare	Da – preconfigurate

4.3. SELECTAREA PLATFORMELOR INCLUSE ÎN STUDIU

Înainte de a începe evaluarea platformelor a fost necesară identificarea, accesarea și testarea acestora. În urma căutărilor efectuate pe internet au fost identificate următoarele 19 platforme de proiectare ce pot fi utilizate în etapele inițiale de proiectare: Archistar, ArchiTECHtures, ARKdesign, Autodesk Forma, Digital Blue Foam, Giraffe, Hektar, Hypar, Kolega Space, Planalogic, Preoptima, Skema, Spacio, StrateGIS 3D CityPlanner, Testfit, Tessa Modulous, XKool Design Cloud, Urban Dashboard, Zenerate Modular (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Accesarea platformelor a pus anumite probleme, deoarece doar aproximativ o treime (șase platforme) oferă acces educațional și dintre acestea jumătate (trei platforme) oferă acces educațional la un preț mai redus și, în anumite situații, cu limitări funcționale. În ceea ce privește accesul de test, aproximativ jumătate dintre platforme oferă acest tip de acces, dar pentru durate mult prea scurte pentru a putea fi utilizate în realizarea experimentelor din cadrul acestei lucrări. Accesarea a fost îngreunată și de faptul că o mare parte dintre platforme se află încă în variantă de testare (beta) și prin urmare, oferă acces limitat noilor utilizatori în baza unor liste de așteptare (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Dintre toate platformele identificate au putut fi accesate următoarele platforme ce sunt incluse în procesul de evaluare cu ajutorul modelului decizional bazat pe logica fuzzy: ArchiTECHtures, Giraffe, Autodesk Forma, TestFit, Zenerate Modular, Preoptima,

ArkDesign, StrateGIS 3D City Planner și Hektar. Platformele Spacio și Archistar nu au putut fi accesate, însă evaluarea lor a putut fi realizată folosind ghidurile de utilizare disponibile pe paginile dezvoltatorilor. Așadar, în etapa de evaluare sunt studiate 12 platforme (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4. FUNCȚIILE PLATFORMELOR DE PROIECTARE GENERATIVĂ ȘI ANALIZĂ UTILIZATE ÎN ETAPELE INIȚIALE DE PROIECTARE

Funcțiile incluse în evaluarea platformelor sunt descrise pe scurt în subcapitolele următoare și sunt reprezentate grafic în *Figura 4.11*.

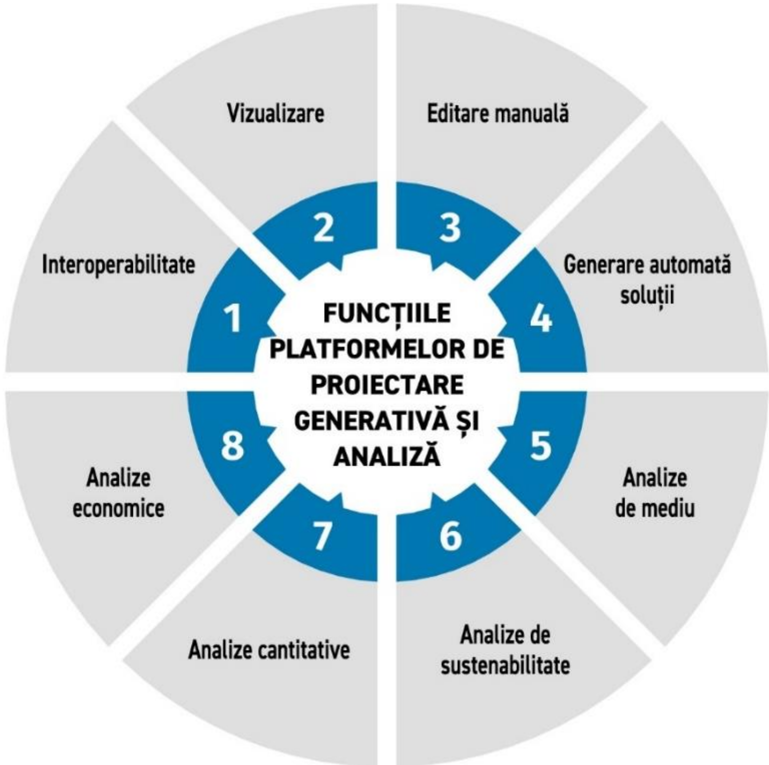


Figura 4.11. ***Funcțiile platformelor de proiectare generativă și analiză. Adaptare după (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024)***

4.4.1. FUNCȚII DE INTEROPERABILITATE

Funcțiile de interoperabilitate sunt acele funcții care facilitează comunicarea cu alte programe prin transferarea modelului 3D și a metadatelor asociate acestuia între diferite programe. În lipsa acestor funcții intervin anumite pierderi de informații ce se transformă în pierderi de timp și financiare, deoarece anumite părți din proiect sau întregul proiect trebuie refăcut atunci când intervine necesitatea mutării lui într-un alt program. Amploarea acestor pierderi crește pe măsură ce proiectul avansează, deoarece volumul de informație ce se pierde crește odată cu avansarea proiectului (*Figura 4.12*) (Idrissi Gartoumi et al., 2023)(Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Nivelul de interoperabilitate mai este determinat și de formatele de exportare și importare de care dispune un program. În cazul platformelor de proiectare utilizate în domeniul construcțiilor, nivelul de interoperabilitate este maxim în momentul în care există posibilitatea utilizării standardelor deschise cum sunt .ifc, sau .CityGML (Raitviir & Lill, 2024).

Interoperabilitatea dintre programe mai poate fi asigurată și utilizând principiul conexiunii directe dintre platformele de proiectare și anumite programe BIM, fie folosind fișiere ce au formatul proprietar al respectivului program BIM, fie cu ajutorul unor extensii care permit comunicarea directă a informației dintre platforma de proiectare online și programul BIM. Această metodă asigură o compatibilitate crescută între programele între care este asigurată conexiunea directă, motiv pentru care proiectele sunt importate cu mai puține erori și necesită mai puțină prelucrare. Dezavantajul acestei soluții îl reprezintă faptul că interoperabilitatea este limitată doar la acele programe între care există conexiuni directe (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

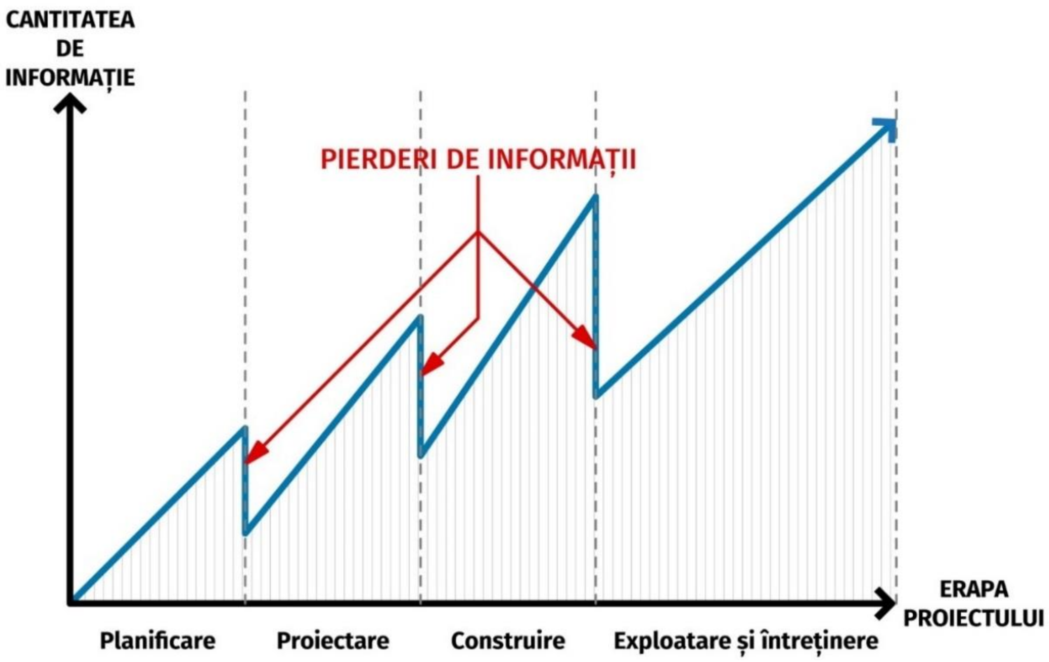


Figura 4.12. *Pierderile de informații datorate problemelor de interoperabilitate (Adaptare după (Raitviir & Lill, 2024)(Rafael Sacks et al., 2018)).*

Parametrii de interoperabilitate evaluați

În ceea ce privește funcțiile de interoperabilitate a fost evaluat dacă proiectul poate fi exportat în formate 2D (.dwg, .dxf), 3D (.obj, .gltf, .3dm, .skp), formate deschise BIM (.ifc) și dacă datele cantitative sau economice pot fi exportate în format .pdf sau Excel.

În cadrul acestei categorii de funcții a mai fost evaluat și dacă platformele de proiectare oferă posibilitatea extinderii funcțiilor platformei prin integrarea altor programe ce sunt realizate de alți producători de programe. Așadar, evaluarea acestei categorii de funcții a implicat studierea a 7 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.2. FUNCȚII DE VIZUALIZARE

În general, în domeniul construcțiilor, termenul de vizualizare se referă la realizarea imaginilor fotorealiste, însă în cadrul acestei lucrări, pe lângă această funcție, a fost studiat și dacă proiectul poate fi vizualizat în 2D, 3D, 4D sau folosind tehnologii de realitate augmentată (AR – Augmented Reality) sau virtuală (VR – Virtual Reality).

Funcțiile de vizualizare 4D sunt cele care permit definirea și mai apoi vizualizarea secvențelor de realizare a construcțiilor în vederea optimizării acestor procese, dar și pentru identificarea conflictelor ce pot genera costuri suplimentare (Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020).

Funcțiile de vizualizare cu ajutorul tehnologiilor AR/VR au o importanță tot mai ridicată în procesul de realizare a construcțiilor, deoarece aceste tehnologii ușurează procesele decizionale, ajutând la înțelegerea proiectului și la îmbunătățirea comunicării dintre factorii implicați în proiect (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii de vizualizare evaluați

Din această categorie de funcții a fost verificat dacă proiectele pot fi vizualizate în 2D, 3D, 4D, folosind tehnologii AR/VR sau dacă în cadrul platformelor pot fi realizate imagini fotorealiste (randări). Așadar, din categoria funcțiilor de vizualizare au fost evaluați 5 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.3. FUNCȚII DE MODELARE MANUALĂ

Funcțiile de modelare manuală sunt cele care îi permit proiectantului să realizeze sau să modifice manual proiectele. Algoritmii utilizați de noile platforme de proiectare pentru generarea automată a soluțiilor produc adesea proiecte ce au nevoie de editare manuală pentru a fi corectate atunci când proiectele sunt generate cu diferite anomalii (clădiri suprapuse), pentru a fi îmbunătățite, dar și pentru a fi completate. O parte din platformele studiate au capacitatea să genereze doar construcțiile, iar celelalte elemente ale unui proiect, cum sunt străzile, terenul, sau vegetația trebuie modelate manual de către proiectant (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii de modelare manuală evaluați

Pentru această categorie de funcții a fost evaluat dacă platformele permit editarea manuală a topografiei terenului, a zonelor funcționale, a construcțiilor, a circulațiilor auto și pietonale și a parcărilor. Prin urmare, din această categorie au fost evaluați 4 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.4. FUNCȚII DE GENERARE AUTOMATĂ A SOLUȚIILOR

Funcțiile de generare automată a soluțiilor sunt funcții de proiectare parametrică sau generativă ce utilizează diferiți algoritmi predefiniți de dezvoltatorul platformei și

parametrii configurați de proiectant pentru a genera automat, ușor și rapid, una sau mai multe soluții pentru un proiect. Aceste platforme se diferențiază prin faptul că pot genera automat soluții cu diferite nivele de detaliere, pentru proiecte ce au diferite dimensiuni, tipologii, funcțiuni sau elemente (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii evaluați

Verificarea funcțiilor de generare automată a soluțiilor a implicat evaluarea celor mai mulți parametri. Din acest motiv procesul s-a derulat în câteva etape succesive. În prima fază a fost verificat dacă platformele de proiectare au capacitatea să genereze automat soluții. Ulterior a fost verificat dacă platformele pot să genereze automat soluții pentru o singură construcție sau dacă pot fi generate soluții pentru ansambluri ce conțin mai multe construcții (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

În următoarea fază a fost verificat pentru ce funcțiuni pot fi generate automat soluțiile, deoarece unele platforme pot genera soluții exclusiv pentru locuințe colective, în timp ce altele au capacitatea de a genera soluții și pentru locuințe individuale de diferite tipuri, construcții cu funcțiuni mixte, hoteluri, comerț, birouri și chiar industriale .

În ultima fază a fost evaluat nivelul de detaliere a soluțiilor generate automat. În acest proces a fost verificat dacă platformele au capacitatea: să importe automat modelul 3D cu contextul, să verifice automat respectarea reglementărilor urbanistice, dacă generează automat soluțiile pentru întregul ansamblu și dacă soluțiile generate conțin doar volumul exterior al construcțiilor sau sunt mai detaliate și conțin distribuirea apartamentelor sau chiar planul mobilat al apartamentelor. Ulterior a fost verificat dacă pentru aceste soluții se generează automat una sau mai multe variante (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Având în vedere faptul că unele platforme generează automat soluții ce conțin și circulații auto, pietonale și parcări, a fost evaluat și nivelul de detaliere al proiectelor din această privință. În acest sens a fost verificat dacă soluțiile pot să conțină doar parcările adiacente străzilor și parcările de suprafață sau și construcții supraterane sau subterane pentru parcări. Din această categorie de funcții au fost evaluați în total 21 de parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.5. FUNCȚII PENTRU EFECTUAREA ANALIZELOR DE MEDIU

Funcțiile pentru efectuarea analizelor de mediu sunt utilizate pentru evaluarea modului în care diferiți parametri de mediu afectează proiectul și nivelul de confort al utilizatorului. Aceste analize sunt utilizate pentru optimizarea formei, poziției și orientării construcției și a golurilor de pe fațadă, în vederea eficientizării costurilor de execuție și exploatare, dar și în vederea creșterii nivelului de confort al utilizatorilor (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Inițial analizele de mediu puteau fi realizate doar în programe specializate ce utilizau principiile mecanicii fluidelor. Utilizarea acestor programe nu era accesibilă publicului larg, deoarece analizele erau realizate cu ajutorul simulărilor de tip CFD (Computational Fluid Dynamics – Dinamica computerizată a fluidelor), iar aceste simulări implică realizarea unor calcule foarte complexe ce consumă foarte multe resurse și durează foarte mult timp pentru a fi prelucrate până și de calculatoarele foarte performante. Spre deosebire de aceste programe, în noile platforme de proiectare pot fi realizate atât simulări ce utilizează CFD, cât și simulări ce utilizează algoritmi de învățare automată (ML – machine learning). Analizele bazate pe ML sunt generate în câteva minute și au o precizie mai scăzută, dar acceptabilă pentru etapele inițiale de proiectare, când se studiază mai multe soluții și este mai important ca analizele să fie generate rapid, decât să fie foarte precise. Analizele ce utilizează CFD sunt generate în câteva zeci de minute sau chiar ore, dar au o precizie mai ridicată și pot fi utilizate în etapele mai avansate ale proiectului (Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020)(Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Totodată, aceste platforme pot conține date cu privire la zonele expuse unor riscuri naturale cum ar fi zone inundabile, zone expuse incendiilor de vegetație, zone expuse riscurilor de alunecări de teren sau diferite zone protejate. Astfel proiectantul este informat din fazele inițiale de proiectare cu privire la riscurile naturale la care este expusă zona în care va fi realizat proiectul și poate să țină cont de aceste aspecte în proiectarea construcțiilor și bugetarea investiției (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii evaluați

Evaluarea acestei categorii de funcții a implicat de fapt identificarea tipurilor de analize ce pot fi realizate în cadrul fiecărei platforme. În acest sens a fost verificat dacă pot fi realizate analize pentru evaluarea topografiei terenului, analize privind potențialul de însorire, analize privind nivelul de însorire a spațiilor interioare sau exterioare, analize de vizibilitate, de vânt și de zgomot. Prin urmare, pentru această categorie de funcții au fost evaluați 7 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.6. FUNCȚII PENTRU EFECTUAREA ANALIZELOR DE SUSTENABILITATE

Acest tip de funcții sunt utilizate pentru evaluarea și compararea impactului pe care îl au diferite soluții proiectate asupra mediului, în diferite etape ale ciclului de viață. Astfel pot fi identificate cu ușurință, încă din etapele inițiale de proiectare, soluțiile ce au un impact redus asupra mediului și se pot încadra în indicatorii de performanță ce țin de sustenabilitate și sunt impuși de diferite organisme de autorizare sau certificare a clădirilor verzi (BREEAM, LEEDS, ROGBC, etc.)(Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii evaluați

În privința acestor funcții a fost verificat dacă platformele pot genera analize cu privire la energia solară, energia utilizată în exploatare sau cu privire la amprenta de carbon a construcțiilor. Ulterior a fost verificat dacă rezultatele obținute în urma analizelor pot fi integrate într-un raport de sustenabilitate exportabil. Așadar, din această categorie de funcții au fost evaluați 4 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.7. FUNCȚII PENTRU EFECTUAREA ANALIZELOR CANTITATIVE

În categoria analizelor cantitative au fost incluse acele funcții care facilitează evaluarea proiectului oferind automat și în timp real date cu privire la suprafețe, număr de apartamente, număr de parcări sau cantități de materiale. Aceste date sunt utilizate de proiectant sau de beneficiar pentru a evalua mai apoi aspectele economice ale proiectului (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii evaluați

Pentru acest tip de funcții s-a verificat următorii patru parametri: dacă platformele de proiectare calculează suprafețele proiectului, dacă în cazul în care există funcții de editare manuală a terenului se calculează și volumul de săpături și umpluturi și dacă sunt generate automat liste de cantități. Mai apoi a fost verificat dacă aceste date pot fi exportate într-un format editabil sau dacă pot fi integrate într-un raport (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.4.8. FUNCȚII PENTRU EFECTUAREA ANALIZELOR ECONOMICE

Funcțiile pentru efectuarea analizelor economice sunt o extensie a funcțiilor pentru analize cantitative, deoarece utilizează aceste date împreună cu alți indicatori economici pentru a evalua costurile, veniturile și, într-un final, performanța economică a proiectului. Parametrii economici sunt adesea pre-configurați de dezvoltatorul platformei pentru a facilita obținerea unor date economice de la modelarea primei construcții, însă valorile acestor parametri pot fi modificate cu cele stabilite de beneficiar sau cu cele adaptate pieței în care se realizează proiectul (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

O altă categorie de analize economice ce pot fi realizate în platformele de proiectare sunt analizele pentru evaluarea costurilor de exploatare.

Existența acestui tip de analize are un rol important, deoarece majoritatea proiectelor sunt afectate de depășiri ale termenelor și costurilor estimate inițial (Ashtari et al., 2022), iar aceste probleme pot fi evitate prin estimarea costurilor în fiecare etapă a proiectului (Shah et al., 2023)(Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

Parametrii evaluați

Pentru acest tip de funcții a fost verificat dacă pot fi evaluate costurile de execuție și cele de exploatare și dacă, pentru aceste date, pot fi generate rapoarte exportabile sau partajabile cu părțile implicate în proiect. Așadar, pentru această categorie de funcții au fost evaluați 3 parametri (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).

4.5. EVALUAREA FUNCȚIILOR PLATFORMELOR DE PROIECTARE

Evaluarea funcțiilor s-a realizat prin testarea efectivă a platformelor sau prin studierea ghidurilor de utilizare ale acestora. În procesul de evaluare a fost acordat un punct pentru fiecare funcțiune pe care o are un program, iar în cazul funcțiilor de interoperabilitate a fost acordat câte un punct pentru fiecare program cu care platformele aveau conexiuni. Scorurile finale obținute de fiecare program au fost centralizate în *Tabelul 4.3* și *Tabelul 4.4*, iar pentru a vedea modul în care a fost punctată fiecare platformă poate fi consultat Tabelul A.1 din ANEXA 6.

Tabelul 4.3. ***Centralizarea rezultatelor obținute în urma evaluării funcțiilor tuturor platformelor. Roșu – platformele ce au obținut scorul cel mai mic pentru o funcție. Verde – platformele ce au obținut scorul cel mai mare pentru o funcție. Adaptare după (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024)***

FUNCȚII \ PLATFORME DE PROIECTARE	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate Modular	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	3D Cityplanner	HEKTAR
Exportare și importare	5	5	4	3	4	3	3	2	4	3	2	4
Conexiuni și extensii	0	2	1	9	7	0	0	1	1	1	0	0
Vizualizare	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	4	2
Editare manuală	1	2	4	2	3	1	0	3	4	1	3	0
Generare automata – tipuri proiecte	4	4	7	5	9	2	0	4	8	3	6	4
Generare automata – nivel detaliere	3	8	3	5	9	6	2	3	10	2	6	4
Analize de mediu	0	4	2	5	0	0	0	3	1	0	1	0
Analize de sustenabilitate	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
Analize cantitative	3	2	3	1	2	2	1	1	3	2	2	1
Analize economice	2	0	2	0	1	1	0	0	2	0	1	0
PUNCTAJ TOTAL	**20**	**29**	**28**	**35**	**38**	**17**	**10**	**19**	**35**	**14**	**25**	**15**

Tabelul 4.4. ***Centralizarea punctajelor normalizate pentru fiecare platformă de proiectare. Roșu – platformele ce au obținut scorul cel mai mic pentru o funcție. Verde – platformele ce au obținut scorul cel mai mare pentru o funcție. Adaptare după (Cristian Savu & Constantin Bungău, 2024).***

FUNCȚII / PLATFORME DE PROIECTARE	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate Modular	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	3D Cityplanner	HEKTAR
Exportare și importare	10	10	8	6	8	6	6	4	8	6	4	8
Conexiuni și extensii	0	2	1	10	8	0	0	1	1	1	0	0
Vizualizare	4	4	4	6	6	4	4	4	4	4	8	4
Editare manuală	3	5	10	5	8	3	0	8	10	3	8	0
Generare automata – tipuri proiecte	4	4	8	6	10	2	0	4	9	3	7	4
Generare automata – nivel detaliere	3	7	3	4	8	5	2	3	8	2	5	3
Analize de mediu	0	5	3	6	0	0	0	4	1	0	1	0
Analize de sustenabilitate	0	0	0	3	0	0	7	0	0	0	0	0
Analize cantitative	8	5	8	3	5	5	3	3	8	5	5	3
Analize economice	7	0	7	0	3	3	0	0	7	0	3	0
PUNCTAJ TOTAL	**39**	**42**	**52**	**49**	**56**	**28**	**22**	**31**	**56**	**24**	**41**	**22**

4.6. SISTEM DECIZIONAL FUZZY PENTRU EVALUAREA PLATFORMELOR DE PROIECTARE

4.6.1. CONFIGURAREA SISTEMULUI DECIZIONAL FUZZY

Pentru realizarea sistemului decizional bazat pe logica fuzzy au fost parcurși următorii pași:

1. Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat;
2. Stabilirea variabilelor de intrare;
3. Configurarea structurii sistemului de inferență arborescent;
4. Definirea gradelor lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare și ieșire;
5. Definirea regulilor fuzzy;

Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat

Pentru realizarea sistemului decizional au fost utilizate sisteme de inferență tip Mamdani, deoarece relația dintre variabilele de intrare și cele de ieșire a fost mai ușor de definit prin intermediul regulilor lingvistice.

Stabilirea variabilelor de intrare;

Având în vedere faptul că la sistemele de inferență Mamdani numărul regulilor crește exponențial în funcție de numărul de intrări și grade lingvistice utilizate, s-a impus realizarea unui sistem decizional în două faze și gruparea variabilelor de intrare pentru a nu fi necesară definirea a aproape 10.000.000 de reguli. Pentru a putea evalua în fiecare sistem de inferență variabile de intrare compatibile, funcțiile platformelor au fost grupate două câte două. Modul în care au fost grupate variabilele de intrare poate fi observat în *Tabelul 4.5*.

Tabelul 4.5. *Gruparea variabilelor de intrare pe sisteme de inferență*

<table>
<tr><th>Variabilă de intrare</th><th>Sistem de inferență fuzzy
Etapa 1 – inițială</th><th>Sistem de inferență fuzzy
Etapa 2 – Finală</th></tr>
<tr><td>Exportare și importare (Ex)</td><td rowspan="2">Interoperabilitate
(FIS_Int)</td><td rowspan="10">FIS_Cumulativ</td></tr>
<tr><td>Conexiuni și extensii (Con)</td></tr>
<tr><td>Vizualizare (Viz)</td><td rowspan="2">Vizualizare și Editare
(FIS_Viz_Em)</td></tr>
<tr><td>Editare manuală (Em)</td></tr>
<tr><td>Generare automată – tipuri proiecte (GAT)</td><td rowspan="2">Generare automată soluții
(FIS_GA)</td></tr>
<tr><td>Generare automată – nivel detaliere (GAD)</td></tr>
<tr><td>Analize de mediu (AM)</td><td rowspan="2">Mediu și sustenabilitate
(FIS_M_S)</td></tr>
<tr><td>Analize de sustenabilitate (AS)</td></tr>
<tr><td>Analize cantitative (AC)</td><td rowspan="2">Cantitative și Economice
(FIS_AC_AE)</td></tr>
<tr><td>Analize economice (AE)</td></tr>
</table>

Configurarea structurii sistemului de inferență

Sistemele de inferență au fost definite în programul MatLAB, folosind modulul Fuzzy Designer Logic. În prima fază au fost realizate cele cinci sisteme de inferență din etapa 1: *"Interoperabilitate (FIS_Int)"*, *"Vizualizare și editare (FIS_Viz_Em)"*, *"Generare automată soluții (FIS_GA)"*, *"Mediu și sustenabilitate (FIS_M_S)"*, *"Cantitative și economice (FIS_AC_AE)"*. Aceste sisteme de inferență au fiecare câte două variabile de intrare și câte o variabilă de ieșire. Ulterior a fost definit sistemul de inferență *"Cumulativ (FIS_Cumulativ)"* din etapa a doua, ce are ca variabile de intrare scorurile calculate de sistemele de inferență din prima etapă. Acest sistem prelucrează aceste scoruri pentru a determina scorul cumulat. În *Figura 4.13* și *Figura 4.14* poate fi observată structura unui sistem de inferență fuzzy din prima și a doua etapă.

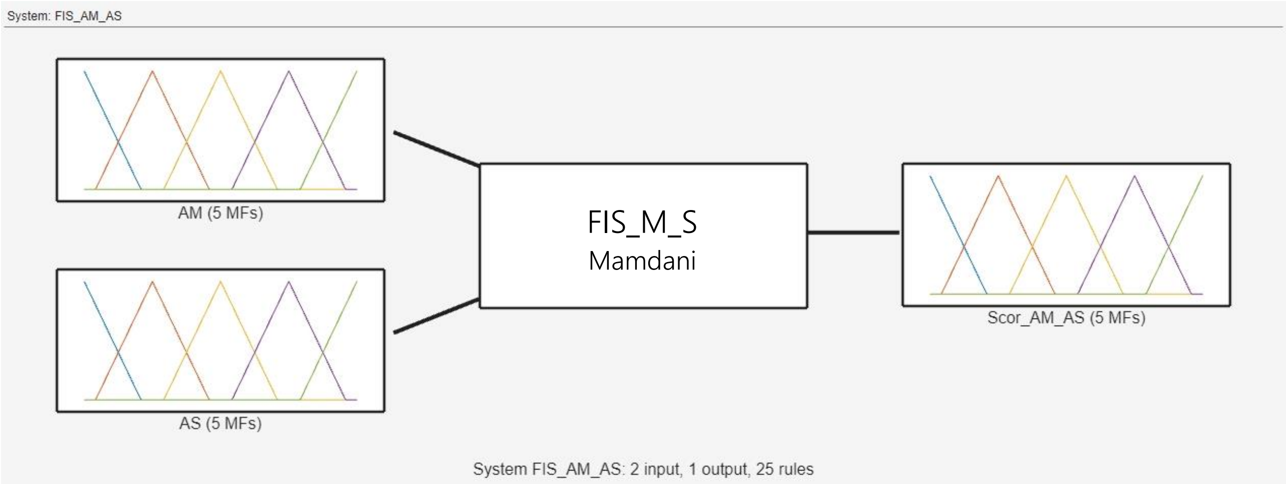


Figura 4.13. ***Structura sistemului de inferență Fuzzy "Mediu și sustenabilitate (FIS_M_S)" realizat în aplicația Fuzzy Designer Logic din MatLAB.***

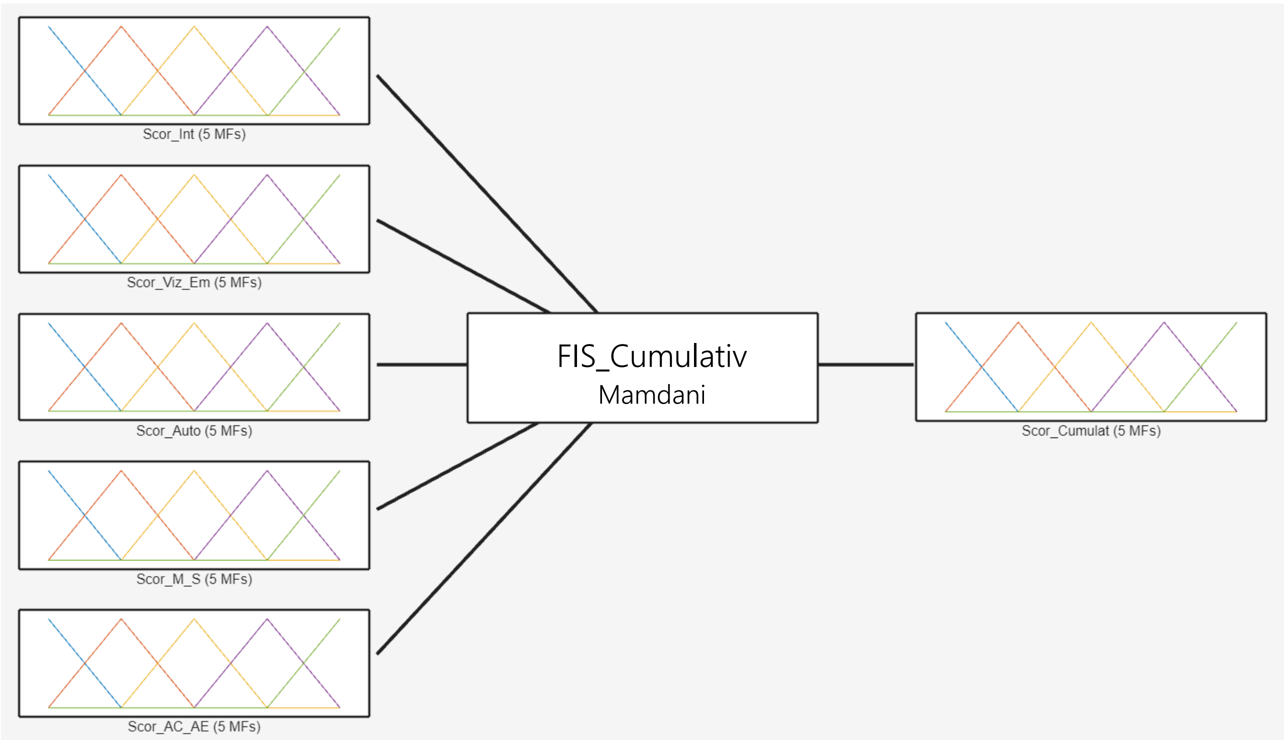


Figura 4.14. ***Structura sistemului de inferență "Cumulativ (FIS_Cumulativ)" realizat în aplicația Fuzzy Designer Logic din MatLAB.***

Definirea gradelor lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare și ieșire

Atât pentru variabilele de intrare și ieșire din etapa 1, cât și pentru cele din etapa 2 au fost utilizate funcții de apartenență triunghiulare ce au avut valorile distribuite uniform între cele cinci grade lingvistice (foarte mic, mic, mediu, mare și foarte mare). În *Tabelul 4.6* poate fi observată configurația utilizată pentru definirea gradelor lingvistice, iar în *Figura 4.15* se poate observa reprezentarea grafică a funcției de apartenență ce este caracteristică

pentru toate variabilele de intrare și ieșire ale tuturor sistemelor de inferență. În lucrare nu au fost inserate figuri cu toate funcțiile de apartenență deoarece acestea sunt identice.

Tabelul 4.6. *Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare și ieșire.*

Grade lingvistice	Abreviere	Tip funcție de apartenență	Intervale FIS Etapa 1 și 2
foarte mic	fm	Triunghiulară	[-2.08333 0 2.08333]
mic	m	Triunghiulară	[0.416667 2.5 4.58333]
Mediu	Med	Triunghiulară	[2.91667 5 7.08333]
Mare	M	Triunghiulară	[5.41667 7.5 9.58333]
Foarte mare	FM	Triunghiulară	[7.91667 10 12.0833]

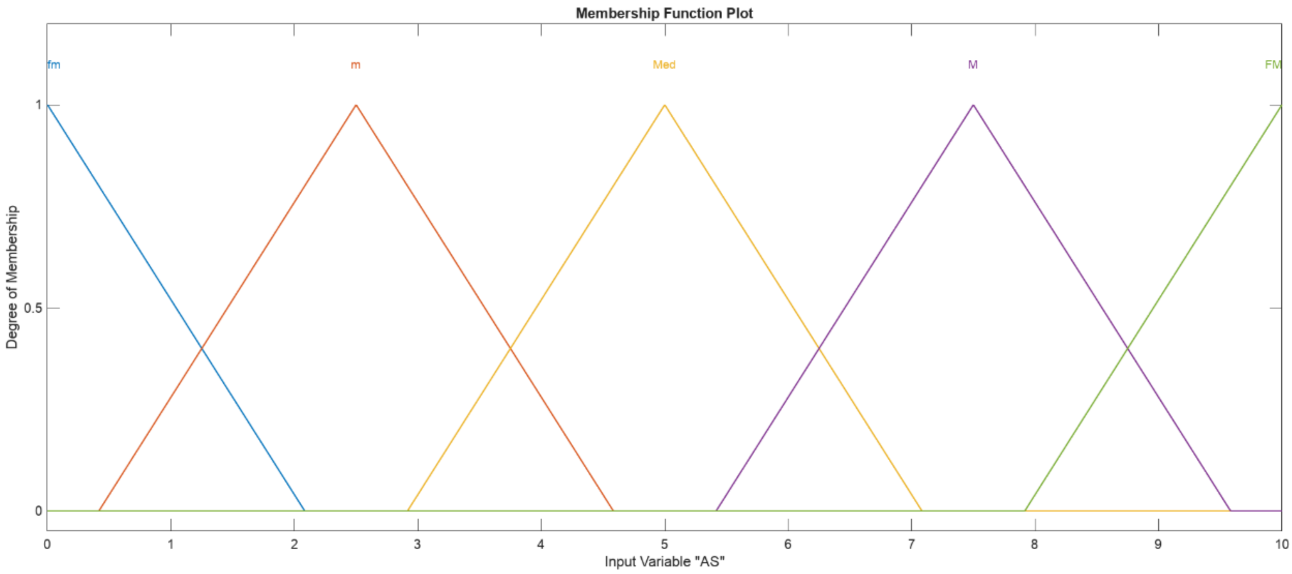


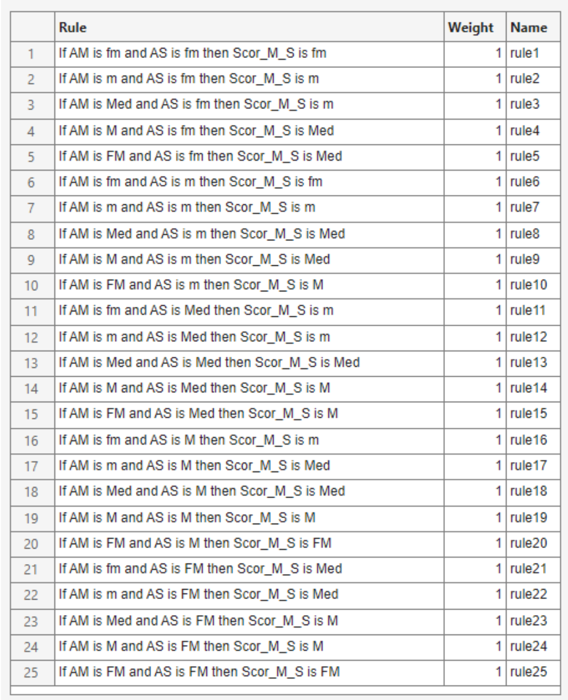
Figura 4.15. *Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare și ieșire ale tuturor sistemelor de inferență. Exemplificare funcție de apartenență variabila de intrare "AS" a "FIS_M_S"*

Definirea regulilor fuzzy

Având în vedere faptul că au fost utilizate sisteme de inferență tip Mamdani, a fost necesară definirea unor reguli lingvistice de tipul: *"**Dacă** Scorul pentru Analizele de Sustenabilitate este mare **și** Scorul Pentru analizele de Mediu este foarte mare **atunci** Scorul pentru analizele de sustenabilitate este foarte mare"*. Definirea regulilor pentru sistemele de inferență din prima etapă a fost simplă, deoarece au trebuit configurate doar 25 de reguli pentru fiecare sistem de inferență. Spre deosebire de acestea, configurarea sistemul de inferență cumulativ a implicat definirea a 3125 de reguli (5^5 reguli). Definirea manuală a unui număr atât de mare de reguli s-a datorat utilizării a cinci variabile de intrare și a cinci grade lingvistice pentru funcțiile de apartenență ale variabilelor de intrare. Acest proces necesită

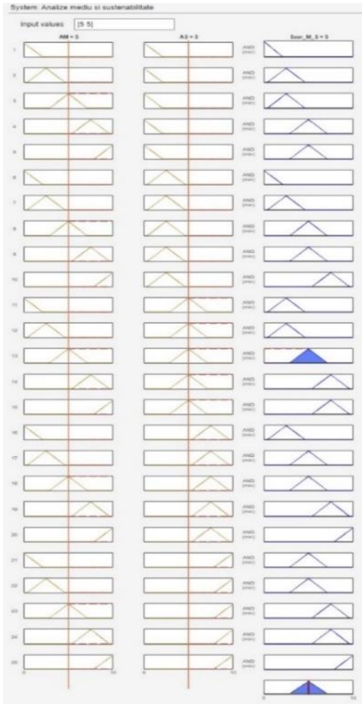
foarte mult timp, concentrare și este o activitate repetitivă. Astfel există un risc crescut ca în procesul de definire a regulilor să se piardă logica sau consecvența, iar acest lucru poate determina o suprafață de variație a variabilelor de ieșire cu diferite anomalii și, într-un final, obținerea unor rezultate greșite pentru anumite combinații ale valorilor de intrare. Pentru a depăși acest impediment, definirea regulilor a fost realizată prin definirea regulilor în Google Sheets și inserarea lor în codul fișierului .fis utilizând editorul MatLAB.

Sistemele de inferență se salvează sub forma unui fișier de tip .fis. Aceste fișiere au o structură simplă și utilizează un limbaj de programare ce este ușor de înțeles chiar și de către cei ce nu au cunoștințe în programare. În codul sursă al fișierului se găsesc toți parametrii sistemului de inferență sub forma unor matrice. În cazul regulilor de inferență, regulile sunt așezate pe rânduri, iar variabilele de intrare, ieșire și valoarea de normalizare sunt așezate pe coloane. În cazul de față fiecare regulă are următoarea structură: ”$\mathbf{1\ 3\ 5\ 2\ 4, 1\ (1) : 1}$”. Primele cinci cifre sunt gradele lingvistice atribuite pentru cele cinci variabile de intrare, iar prima cifră după virgulă este scorul de ieșire. În cazul acestui sistem de inferență au fost utilizate cinci grade lingvistice atât pentru intrări, cât și pentru ieșire, motiv pentru care, pe fiecare coloană valorile sunt de la 1 la 5, unde 1 înseamnă foarte mic, 2 mic, 3 mediu, 4 mare și 5 foarte mare. Datorită acestui mod foarte simplu de definire a regulilor a fost posibilă definirea lor în Google Sheets utilizând formule simple. În cazul de față toate variabilele de intrare au fost păstrate cu importanță egală, motiv pentru care determinarea valorii pentru gradul lingvistic a constat în calcularea mediei aritmetice simple. În cazul în care un factor decident dorește să acorde o importanță mai mare unui anumit criteriu poate fi calculată valoarea ponderată a scorurilor. După definirea regulilor în Google Sheets acestea au fost copiate în codul sursă al sistemului de inferență. În *Figura 4.16* (a) și (b) pot fi observate regulile fuzzy și inferența regulilor pentru sistemul de inferență Mediu și sustenabilitate, iar în *Figura 4.18* variația suprafeței de ieșire în funcție de variabilele de intrare pentru același sistem de inferență. În *Figura 4.17* pot fi observate regulile fuzzy și inferența regulilor pentru *FIS_Cumulativ*, iar în *Figura 4.19* se poate observa variația suprafeței de ieșire pentru *Scor_M_S* și *Scor_Auto* în cazul sistemului de inferență Cumulativ. Suprafața de variație a mărimii de ieșire este identică pentru toate variabilele de intrare ale *FIS_Cumulativ*. Celelalte imagini care ajută la înțelegerea configurației sistemului de inferență pot fi consultate în ANEXA 1.



	Rule	Weight	Name
1	If AM is fm and AS is fm then Scor_M_S is fm	1	rule1
2	If AM is m and AS is fm then Scor_M_S is m	1	rule2
3	If AM is Med and AS is fm then Scor_M_S is m	1	rule3
4	If AM is M and AS is fm then Scor_M_S is Med	1	rule4
5	If AM is FM and AS is fm then Scor_M_S is Med	1	rule5
6	If AM is fm and AS is m then Scor_M_S is fm	1	rule6
7	If AM is m and AS is m then Scor_M_S is m	1	rule7
8	If AM is Med and AS is m then Scor_M_S is Med	1	rule8
9	If AM is M and AS is m then Scor_M_S is Med	1	rule9
10	If AM is FM and AS is m then Scor_M_S is M	1	rule10
11	If AM is fm and AS is Med then Scor_M_S is m	1	rule11
12	If AM is m and AS is Med then Scor_M_S is m	1	rule12
13	If AM is Med and AS is Med then Scor_M_S is Med	1	rule13
14	If AM is M and AS is Med then Scor_M_S is M	1	rule14
15	If AM is FM and AS is Med then Scor_M_S is M	1	rule15
16	If AM is fm and AS is M then Scor_M_S is m	1	rule16
17	If AM is m and AS is M then Scor_M_S is Med	1	rule17
18	If AM is Med and AS is M then Scor_M_S is Med	1	rule18
19	If AM is M and AS is M then Scor_M_S is M	1	rule19
20	If AM is FM and AS is M then Scor_M_S is FM	1	rule20
21	If AM is fm and AS is FM then Scor_M_S is Med	1	rule21
22	If AM is m and AS is FM then Scor_M_S is Med	1	rule22
23	If AM is Med and AS is FM then Scor_M_S is M	1	rule23
24	If AM is M and AS is FM then Scor_M_S is M	1	rule24
25	If AM is FM and AS is FM then Scor_M_S is FM	1	rule25

(a)



(b)

Figura 4.16. *(a) Regulile fuzzy pentru Sistemul de Inferență Fuzzy Mediu și Sustenabilitate și (b) Inferența regulilor pentru Sistemul de Inferență Fuzzy Mediu și Sustenabilitate.*

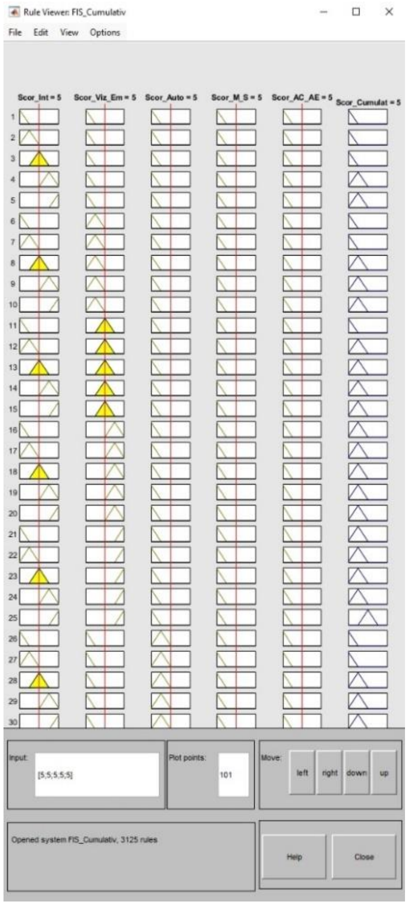


System: FIS_Cumulativ

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule1
2	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule2
3	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule3
4	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule4
5	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule5
6	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule6
7	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule7
8	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule8
9	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule9
10	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule10
11	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule11
12	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule12
13	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule13
14	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule14
15	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule15
16	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule16
17	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule17
18	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule18
19	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule19
20	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule20
21	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule21
22	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule22
23	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule23
24	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule24
25	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is fm and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is Med	1	rule25
26	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule26
27	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule27
28	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule28
29	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule29
30	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is fm and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule30
31	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is fm	1	rule31
32	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule32
33	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule33
34	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule34
35	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is m and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule35
36	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule36
37	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule37
38	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule38
39	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule39
40	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is Med and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule40
41	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule41
42	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule42
43	If Scor_Int is Med and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule43
44	If Scor_Int is M and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule44
45	If Scor_Int is FM and Scor_Viz_Em is M and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is Med	1	rule45
46	If Scor_Int is fm and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule46
47	If Scor_Int is m and Scor_Viz_Em is FM and Scor_Auto is m and Scor_M_S is fm and Scor_AC_AE is fm then Scor_Cumulat is m	1	rule47

(a)



(b)

Figura 4.17. *(a) Regulile fuzzy pentru Sistemul de Inferență Cumulativ (FIS_Cumulativ) și (b) Inferența regulilor pentru Sistemul de Inferență Cumulativ (FIS_Cumulativ).*

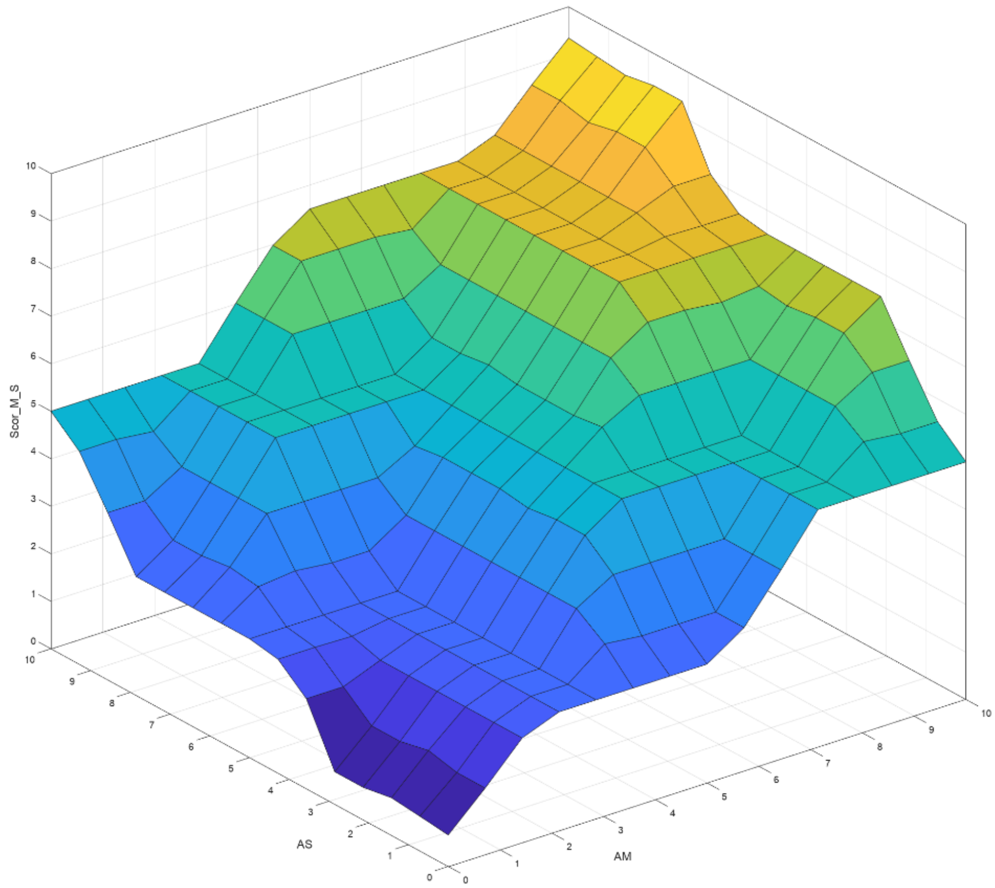


Figura 4.18. *Suprafața de variație a mărimii de ieșire când variabilele de intrare au o importanță diferită. În cazul de față în calcularea scorului final scorul pentru analizele de mediu (AM – dreapta) are o pondere mai ridicată decât scorul de sustenabilitate (AS – stânga).*

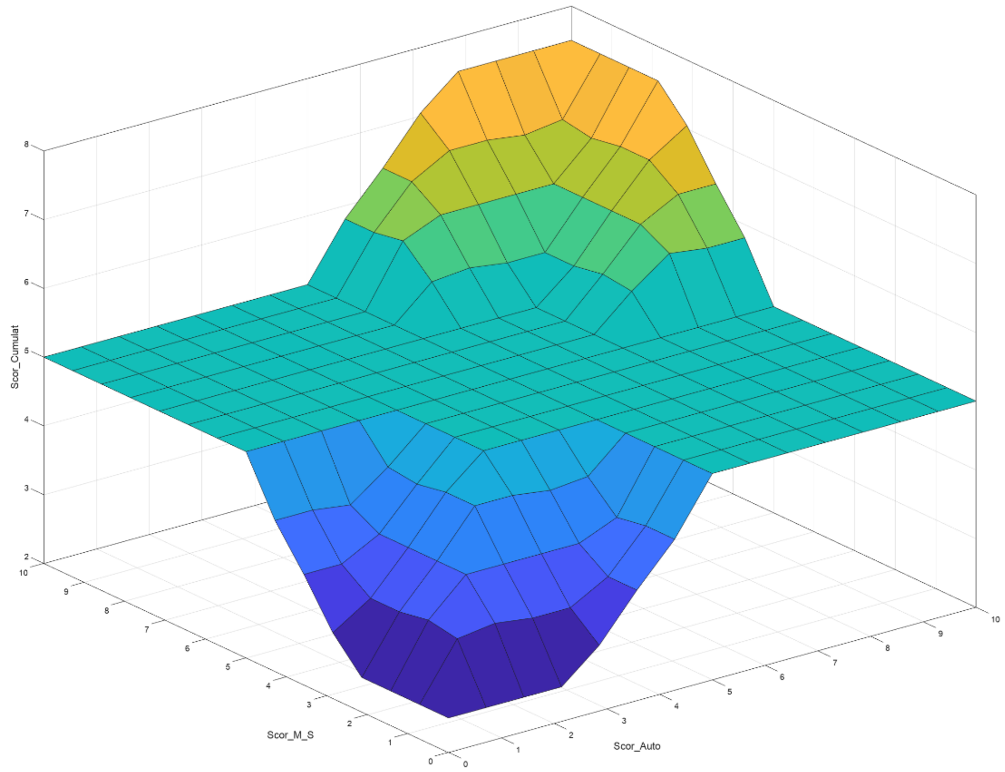


Figura 4.19. *Suprafața de variație a mărimii de ieșire pentru variabilele de intrare Scor_M_S și Scor_Auto în cazul sistemului de inferență Cumulativ (FIS_Cumulativ).*

4.6.2. REZULTATELE OBȚINUTE ȘI INTERPRETAREA ACESTORA

Rezultatele obținute în urma evaluării platformelor de proiectare cu modelul decizional fuzzy sunt centralizate în *Tabelul 4.7*. Interpretarea acestor rezultate pentru fiecare funcționalitate în parte se regăsește după acest tabel.

Tabelul 4.7. ***Matricea platforme de proiectare vs. funcții. Scorul fuzzy obținut de fiecare platformă pentru fiecare criteriu și scorul final. Roșu – platformele ce au obținut scorul cel mai mic pentru o funcție. Verde – platformele ce au obținut scorul cel mai mare pentru o funcție.***

PLATFORME DE PROIECTARE / FUNCȚII	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate Modular	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	3D Cityplanner	HEKTAR
Interoperabilitate (Scor_Int)	5.00	7.34	5.19	7.50	7.52	3.42	3.42	3.42	5.19	3.42	2.50	5.00
Vizualizare și Editare (Scor_Viz_Em)	4.08	4.08	6.58	5.92	5.92	4.08	2.50	5.19	6.58	4.08	7.52	2.50
Generare automată soluții (Scor_Auto)	4.08	4.81	5.16	5.92	9.30	2.50	0.70	4.08	8.19	2.66	7.34	4.08
Mediu și sustenabilitate (Scor_M_S)	0.66	2.50	2.50	5.19	0.66	0.66	2.50	2.50	1.81	0.66	1.81	0.66
Cantitative și Economice (Scor_AC_AE)	7.52	2.50	7.52	2.50	5.00	5.00	2.50	2.50	7.52	2.50	5.00	2.50
Scor final (Scor_Cumulat)	**4.02**	**4.70**	**5.25**	**5.30**	**5.80**	**3.30**	**2.50**	**3.48**	**5.82**	**2.75**	**5.00**	**2.50**

Funcțiile de interoperabilitate

Cel mai bun scor în privința acestor funcții a fost obținut de programul TestFit, deoarece acest program permite exportarea proiectelor în format .pdf, Excel (.csv), 2D CAD (.dxf), 3D (.skp și .gltf). Acest program poate fi conectat cu Revit, Autocad, Sketchup, Enscape, TT Core, ESRI și Covetools, iar funcțiile programului sunt extinse cu ajutorul unor extensiilor preinstalate în cadrul programului. Scorurile obținute de celelalte platforme poate fi observat în *Figura 4.20*.

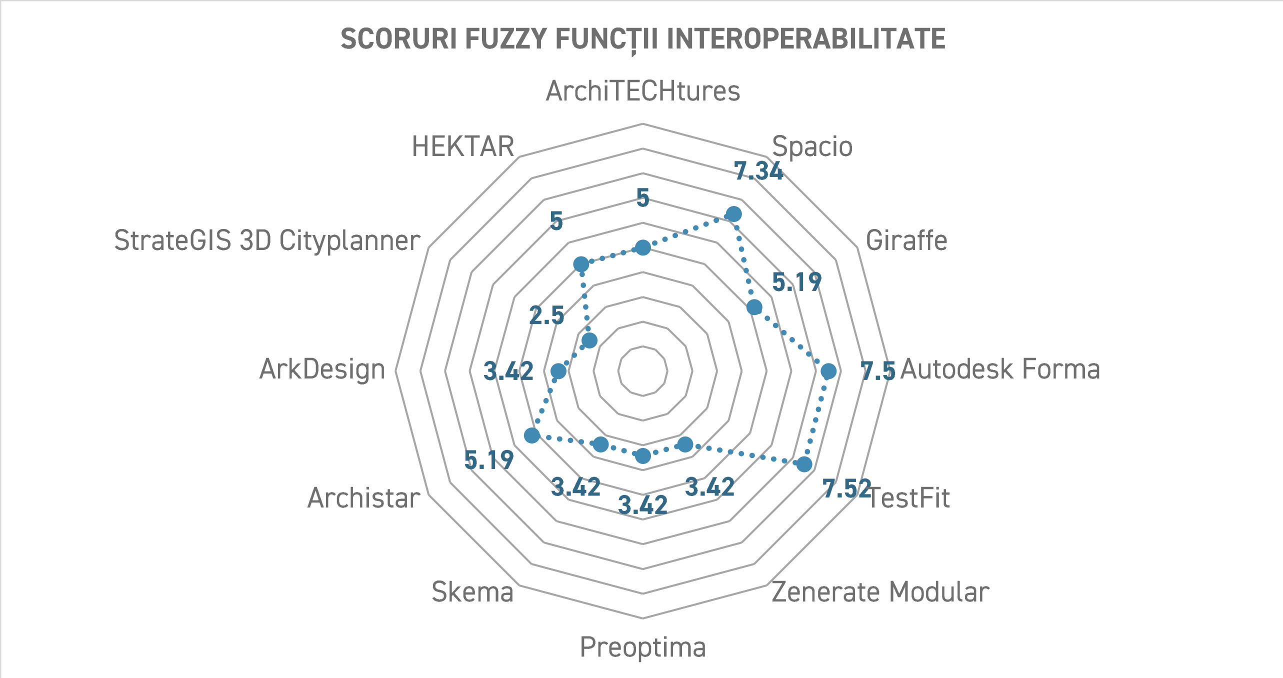


Figura 4.20. *Scorurile fuzzy pentru funcțiile de interoperabilitate.*

Funcțiile de vizualizare și editare manuală

În privința acestor funcții platforma 3D CityPlanner a obținut scorul cel mai ridicat, deoarece proiectul poate fi vizualizat în 2D, 3D, 4D, dar și într-o manieră asemănătoare cu jocurile pe calculator. Acest program are o grafică superioară, deoarece elementele de vegetație sunt mai detaliate, iar obiectele au atribuite texturi reale. Astfel imaginea modelului 3D se apropie mai mult de o imagine fotorealistă. Scorurile obținute de fiecare platformă pentru aceste funcții pot fi observate în *Figura 4.21*.

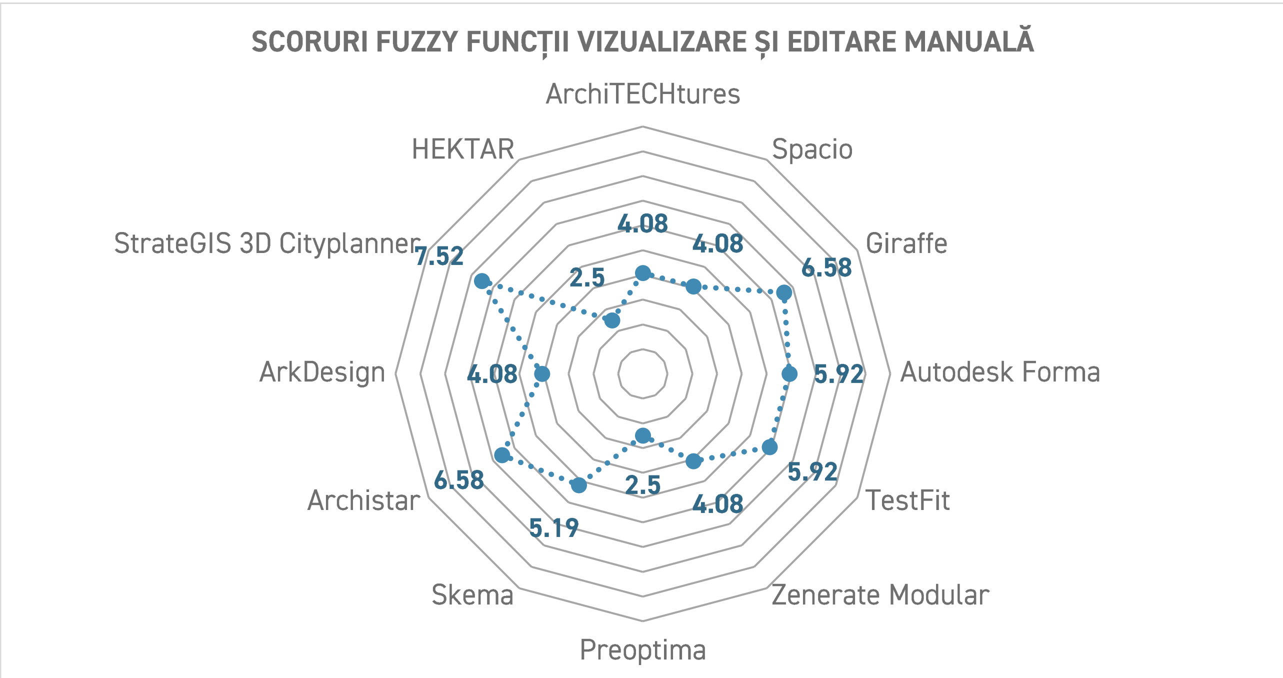


Figura 4.21. *Scorurile fuzzy pentru funcțiile de vizualizare și editare manuală.*

În privința modelării 4D trebuie menționat că această platformă permite configurarea datei de începere și finalizare a fiecărei construcții, iar ulterior pot fi vizualizate secvențele de realizare a întregului ansamblu.

Platforma 3D Cityplanner permite editarea manuală a zonelor funcționale, a circulațiilor și a construcțiilor, dar nu permite editarea topografiei terenului.

Funcțiile de generare automată a soluțiilor

Pentru funcțiile de generare automată a soluțiilor cel mai mare scor a fost obținut de platforma TestFit, deoarece aceasta poate genera automat soluții pentru toate funcțiile evaluate. Dezavantajele platformei țin de faptul că nu generează variante multiple pentru distribuirea apartamentelor în interiorul construcției și pentru planimetria apartamentelor și de faptul că nu verifică automat încadrarea în reglementările urbanistice. Scorurile obținute de fiecare platformă pentru aceste funcții pot fi observate în *Figura 4.22*.

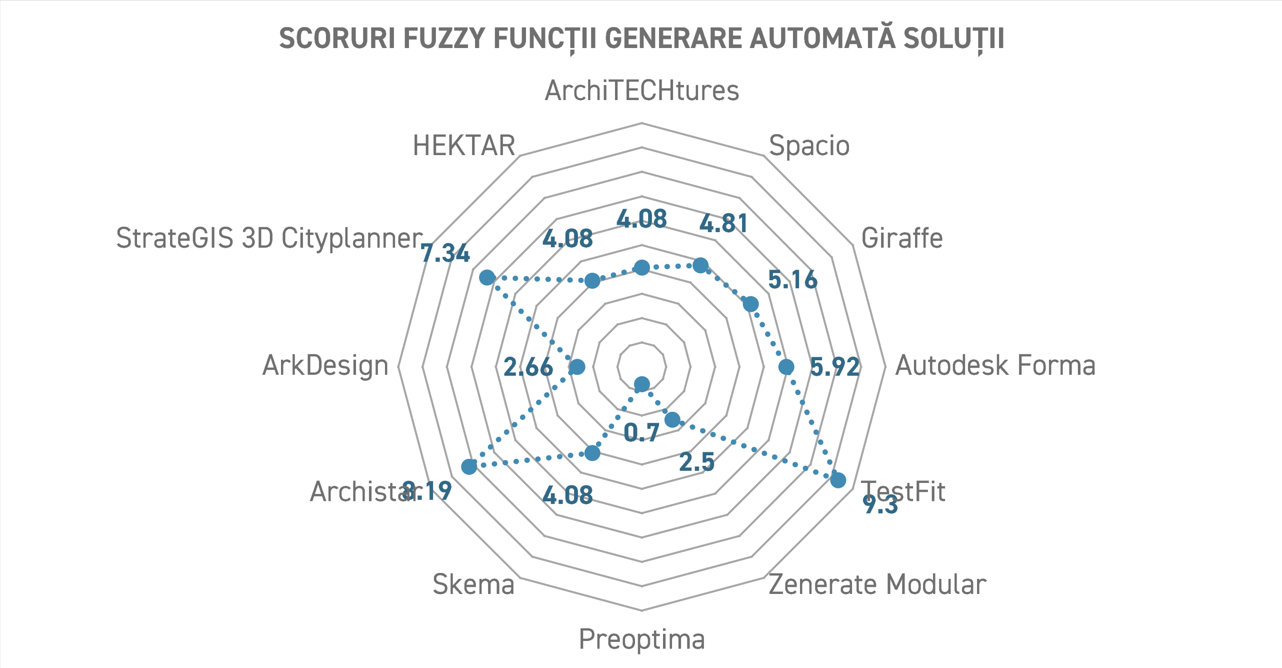


Figura 4.22. *Scorurile fuzzy pentru funcțiile de generare automată a soluțiilor.*

Funcțiile pentru realizarea analizelor de mediu și sustenabilitate

În privința acestui tip de funcții, cel mai mare scor a fost obținut de platforma Autodesk Forma ce poate realiza analize cu privire la potențialul de însorire, nivelul de însorire a fațadelor, analize de zgomot și vânt. Analizele de sustenabilitate ce pot fi realizate cu ajutorul acestei platforme sunt: analize privind energia solară și analiză privind carbonul înglobat. Trebuie menționat faptul că până în luna iulie în această platformă putea fi evaluat și energia consumată în exploatare, însă această funcțiune a fost retrasă. Prin urmare, scorul platformei pentru această categorie de funcții a scăzut de la 5.92 la 5.19. Scorurile obținute de fiecare platformă pentru aceste funcții pot fi observate în *Figura 4.23*.

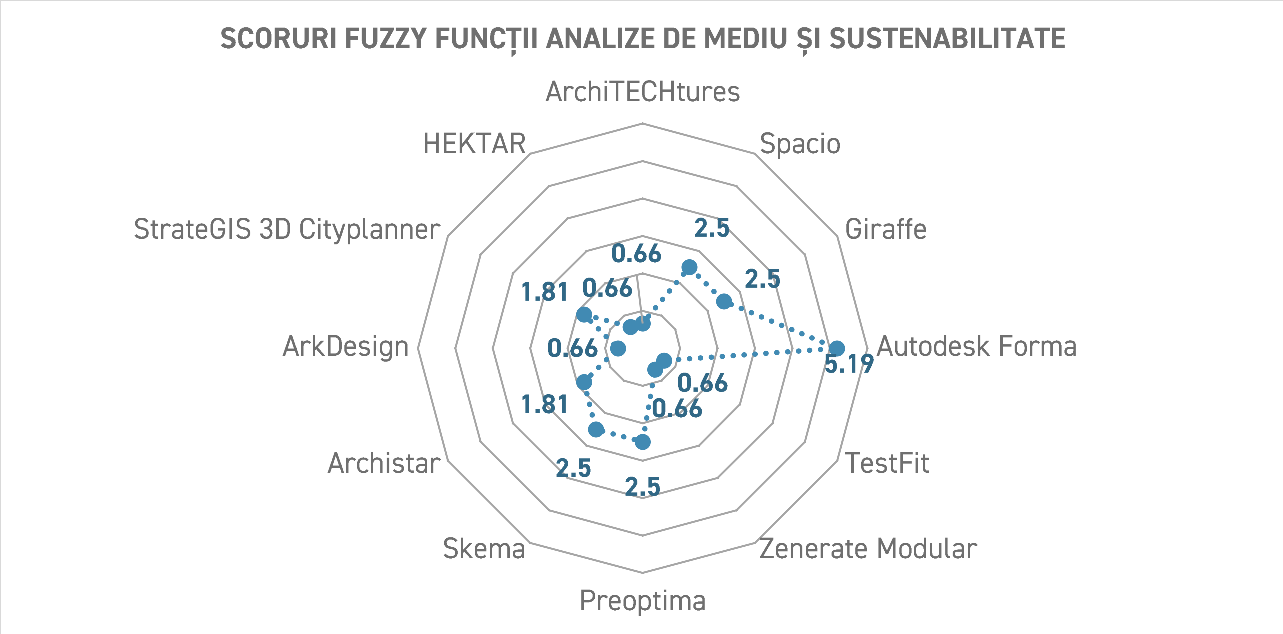


Figura 4.23. ***Scorurile fuzzy pentru funcțiile de analiză de mediu și sustenabilitate.***

Funcțiile pentru realizarea analizelor cantitative și economice

Pentru această categorie de funcții au reușit să obțină cel mai mare scor platformele ArchiTECHtures, Giraffe și Archistar, fiecare având cinci din cele 7 funcții evaluate. Platforma ArchiTECHtures realizează statistici cu privire la suprafețe, liste de cantități foarte detaliate, evaluează costurile și oferă posibilitatea exportării rapoartelor cantitative și economice, însă nu permite estimarea cantităților cu privire la sistematizarea terenului și costurile operaționale. Spre deosebire de ArchiTECHtures, platformele Giraffe și Archistar permit estimarea cantităților pentru lucrările de sistematizare, dar nu generează liste de cantități (*Figura 4.24*).

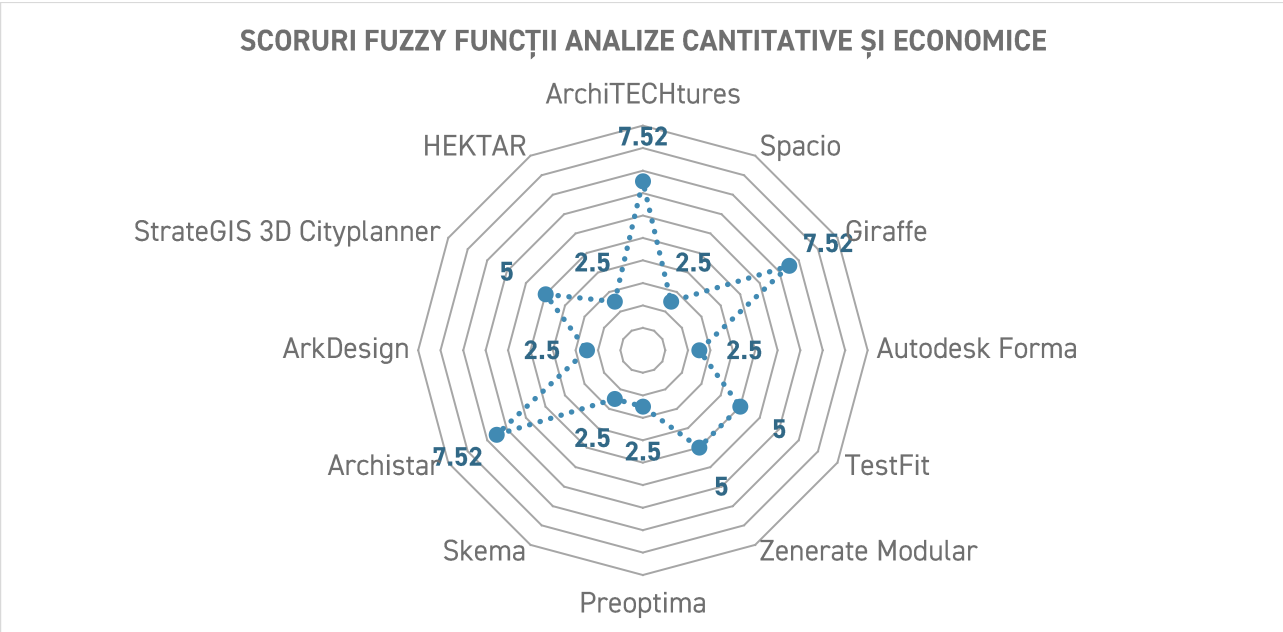


Figura 4.24. ***Scorurile fuzzy pentru funcțiile de analiză cantitativă și economică.***

Scorul final

Scorul final cel mai ridicat a fost obținut de platforma Archistar, chiar dacă aceasta a reușit să obțină scorul cel mai mare doar pentru funcțiile ce țin de realizarea analizelor cantitative și economice. Obținerea scorului final 5.82 s-a datorat cel mai mult faptului că această platformă a reușit să aibă scoruri mari pentru patru din cele cinci criterii. Principalul dezavantaj al platformei Archistar îl constituie lipsa funcțiilor pentru realizarea analizelor de mediu și sustenabilitate (*Figura 4.25*).

Trebuie menționat însă că inițial scorul cel mai ridicat a fost obținut de platforma Autodesk Forma, dar după scoaterea funcției ce permitea evaluarea energiei operaționale scorul acestei platforme a coborât de la 5.98 la 5.30.

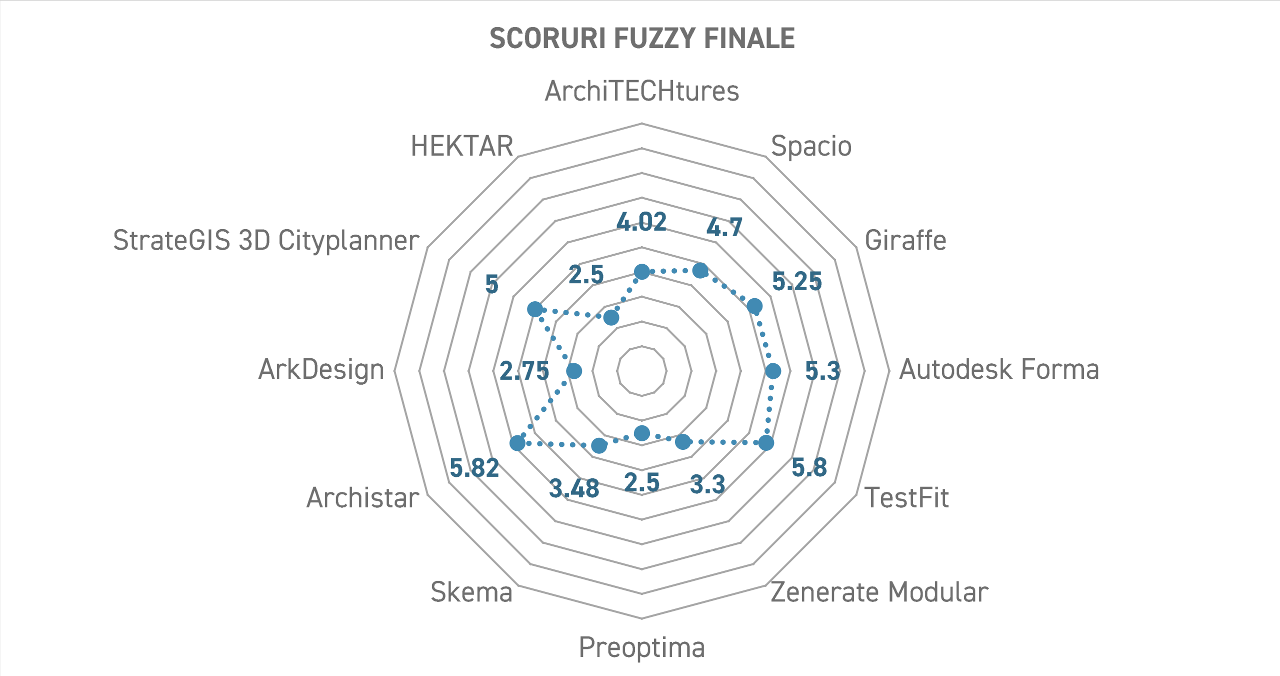


Figura 4.25. *Scorurile fuzzy finale.*

4.7. LIMITĂRILE PLATFORMELOR DE PROIECTARE GENERATIVĂ ȘI ANALIZĂ UTILIZATE ÎN ETAPELE INIȚIALE DE PROIECTARE

În ceea ce privește funcțiile de interoperabilitate au fost observate limitări semnificative, în special în ceea ce privește comunicarea cu programele BIM, doar 42% dintre platforme putând să exporte proiectele într-un format BIM și doar 16% într-un format BIM deschis (.ifc).

În privința funcțiilor de vizualizare a fost observat că niciuna dintre platforme nu are funcții care să ofere posibilitatea vizualizării proiectelor cu ajutorul AR/VR și că doar 25% dintre platforme au integrate funcții care permit realizarea imaginilor fotorealiste. În

condițiile actuale în care aceste imagini pot fi realizate cu ajutorul inteligenței artificiale, utilizând foarte puține resurse și foarte rapid, poate fi considerată nejustificată lipsa acestor funcții ce contribuie semnificativ la înțelegerea proiectului și ușurează procesul decizional.

Platformele studiate prezintă limitări și în ceea ce privește funcțiile de editare manuală, deoarece există platforme ce nu permit editarea manuală a nici unui element al proiectului și doar 25% dintre platforme permit editarea manuală a topografiei terenului. Aceste aspecte constituie dezavantaje importante în condițiile în care o parte din soluțiile generate automat de platforme conțin diferite anomalii ce pot fi remediate ușor prin editare manuală.

În ceea ce privește funcțiile de generare automată a soluțiilor au fost observate următoarele limitări:

- o parte din soluțiile generate conțin diferite anomalii (construcții suprapuse, construcții ce depășesc limita de proprietate, construcții dispuse irațional);
- proiectantul are adesea un control foarte redus asupra soluțiilor generate;
- numărul redus de funcții pentru care pot fi generate soluții, doar două platforme (16.7%) reușind să genereze soluții pentru toate tipologiile de proiecte;
- platformele sunt limitate momentan în ceea ce privește nivelul de detaliere a soluțiilor generate, deoarece majoritatea platformelor generează cel mult soluții ce conțin distribuirea apartamentelor în cadrul construcției;
- în cazul anumitor platforme soluțiile generate nu sunt specifice modului de ocupare a terenului din România;

În privința funcțiilor pentru realizarea analizelor de sustenabilitate trebuie remarcat faptul că doar două dintre platformele studiate au aceste funcții. Prin urmare, limitările sunt date mai degrabă de lipsa acestor funcții.

În ceea ce privește funcțiile pentru evaluarea cantitativă și economică a soluțiilor, principalele limitări sunt determinate de faptul că 50% dintre platforme nu au capacitatea să efectueze analize economice. Mai apoi platformele sunt limitate și în ceea ce privește producerea unor rapoarte, doar 58% putând să genereze rapoarte cantitative și doar 25% rapoarte economice. Aceste rapoarte sunt elemente de bază în comunicarea cu beneficiarul, deoarece datele din acestea facilitează evaluarea performanței proiectului și mai apoi întregul proces decizional.

4.8. CONCLUZII

OSS 4.1. – Concluzii privind perspectiva arhitecților despre impactul pe care îl are realizarea variantelor suplimentare asupra proiectelor și arhitecților.

În ceea ce privește perspectiva arhitecților despre implicațiile etapelor inițiale de proiectare s-a ajuns la următoarele concluzii:

- În cazul tuturor proiectelor se studiază mai multe variante în etapele inițiale de proiectare;
- 70% dintre arhitecți studiază două sau trei variante în etapele inițiale de proiectare;
- Pentru realizarea unei variante suplimentare total diferite se alocă între 17 și 32 de ore;
- Necesitatea realizării unor variante suplimentare determină depășiri alte termenelor de proiectare contractate pentru 93.3% dintre arhitecți;
- Realizarea variantelor suplimentare are un impact moderat spre ridicat asupra costurilor de proiectare și ridicat asupra timpilor de proiectare;

OSS 4.2. – Concluzii privind programele utilizate de arhitecți în diferite etape de proiectare și perspectiva arhitecților cu privire la eficiența acestora.

- În etapele inițiale de proiectare 96.2% dintre arhitecți utilizează programele BIM și majoritatea apreciază că utilizarea acestor programe în etapele inițiale de proiectare este eficientă sau foarte eficientă;
- Doar 10% dintre arhitecții ce au participat la sondaj utilizează programe de proiectare generativă, pentru analize de mediu sau de sustenabilitate și doar 30% utilizează programe pentru analize economice;
- Faptul că majoritatea arhitecților utilizează programe BIM în etapele inițiale de proiectare, faptul că toți studiază mai multe variante în etapele inițiale de proiectare și că alocă atât de mult timp pentru realizarea lor încât generează depășiri ale termenelor de proiectare, demonstrează parțial faptul că utilizarea programelor BIM în etapele inițiale de proiectare nu este foarte eficientă și că în aceste etape trebuie utilizate programe de proiectare care permit realizarea mai multor variante într-un timp mai scurt și depunând mai puțin efort.

OSS 4.3. – Concluzii privind funcțiile noilor platforme de proiectare generativă și analiză.

În ceea ce privește funcțiile noilor platformele de proiectare au fost observate următoarele lucruri:

- Sunt soluții de proiectare noi, ce utilizează tehnologii noi și au o concepție nouă, diferită de cea a programelor de proiectare convenționale de tip CAD/BIM;
- Au capacitatea să genereze automat, rapid și ușor soluții pentru proiecte de diferite dimensiuni, cu diferite funcțiuni și cu diferite nivele de detaliere;
- Au funcții care permit evaluarea rapidă a proiectelor din punct de vedere cantitativ și economic, iar în anumite cazuri și din punct de vedere al parametrilor de confort, sustenabilitate și mediu;

OSS. 4.4. – Concluzii privind limitările pe care le au noile platforme de proiectare generativă și analiză.

- Majoritatea platformelor (83.3%) sunt lansate în ultimii cinci ani și prezintă anumite limitări ce sunt specifice unor platforme ce sunt încă în curs de dezvoltare;
- Platformele studiate prezintă limitări grave în ceea ce privește interoperabilitatea deoarece doar 16% dintre platformele studiate pot exporta într-un format BIM deschis. Din cauza acestor limitări există riscul ca proiectele realizate în anumite platforme să nu poată fi importate în alte programe. Astfel ele vor trebui remodelate manual în programele BIM, generând pierderi de timp și financiare.
- Soluțiile generate sunt incomplete sau conțin diferite anomalii ce trebuie remediate prin editare manuală;
- Jumătate dintre platformele studiate nu au nicio funcție pentru realizarea analizelor de mediu sau pentru evaluarea economică a proiectului, pentru editarea manuală a circulațiilor sau a zonelor funcționale;
- Doar 25% din platformele studiate permit editarea manuală a topografiei terenului. Acest aspect limitează semnificativ posibilitățile de utilizare a anumitor platforme când terenul prezintă anumite declivități;

OSS 4.5. – Concluzii privind sistemul decizional utilizat pentru evaluarea funcțiilor noilor platforme de proiectare.

În ceea ce privește utilizarea modelelor decizionale fuzzy pentru evaluarea platformelor de proiectare s-a ajuns la următoarele concluzii:

- Modelele decizionale bazate pe logica fuzzy pot fi utilizate cu succes în evaluarea funcțiilor platformelor de proiectare;
- Aceste modele decizionale sunt flexibile și pot fi reconfigurate cu ușurință în funcție de aspectele importante pentru factorul decident;
- Gruparea criteriilor a contribuit semnificativ la simplificarea sistemului de inferență prin reducerea numărului de reguli, dar a ajutat și la evidențierea platformelor care sunt mai bune sau mai slabe, chiar și înainte de calcularea scorului final. În cazul scorurilor inițiale, obținute prin însumarea funcțiilor, aveau mai multe platforme valoarea cea mai mică sau cea mai mare pentru diferiți parametri și prin urmare, era greu de stabilit care este cea mai bună platformă.

5. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ VALOAREA CONSTRUCȚIILOR REZIDENȚIALE

În cadrul acestui capitol sunt prezentate rezultatele sondajelor realizate pentru identificarea factorilor care influențează valoarea construcțiilor rezidențiale. Acest capitol este structurat în funcție de cele două sondaje ce sunt prezentate în cadrul capitolului. Structura acestui capitol poate fi observată în *Figura 5.1*, iar obiectivele secundare specifice urmărite în cadrul capitolului sunt centralizate în *Tabelul 5.1*.

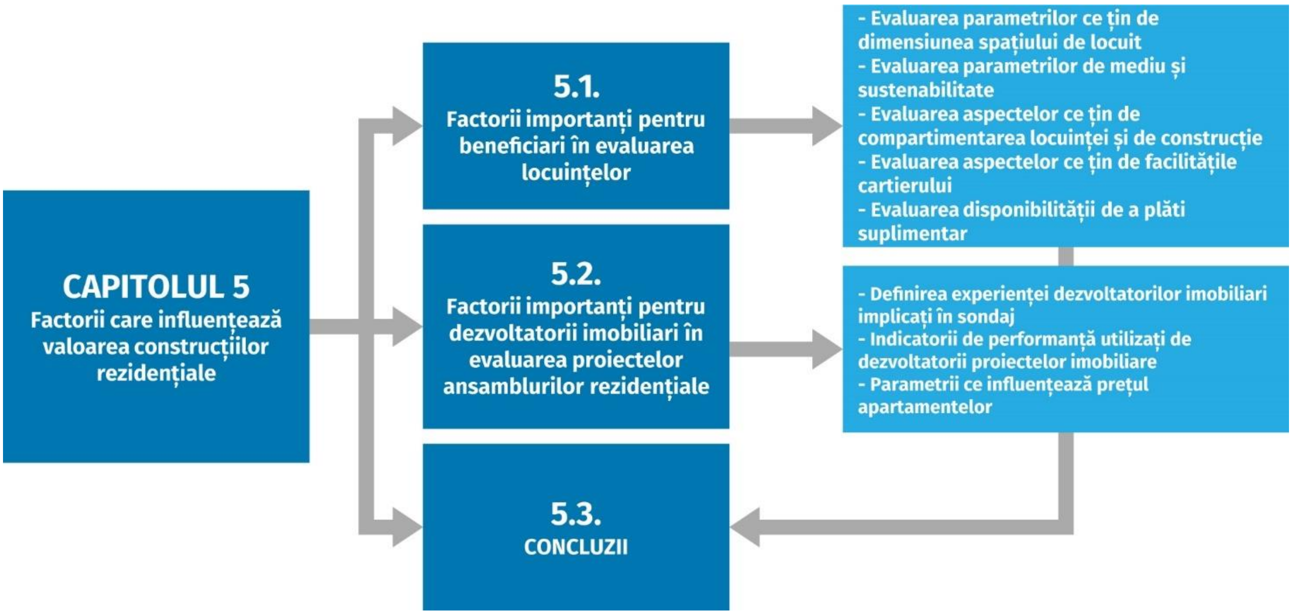


Figura 5.1. ***Structura capitolului 5 și tematica abordată în cadrul capitolului.***

Tabelul 5.1. ***Obiective secundare specifice urmărite în cadrul Capitolului 5.***

OSS 5.1.	Identificarea factorilor ce sunt importanți pentru beneficiari în evaluarea locuințelor;
OSS 5.2.	Identificarea disponibilității beneficiarilor de a plăti suplimentar pentru locuințele ce au caracteristicile pe care le consideră importante;
OSS 5.3.	Identificarea indicatorilor de performanță pe care îi utilizează dezvoltatori pentru evaluarea performanței proiectelor;
OSS 5.4.	Identificarea aspectelor ce influențează cel mai mult prețul apartamentelor din perspectiva dezvoltatorilor imobiliari;

Pentru identificarea factorilor care influențează valoarea construcțiilor rezidențiale au fost realizate două sondaje.

1. Primul sondaj a fost destinat publicului larg și a urmărit identificarea perspectivei oamenilor de rând cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri în evaluarea unui apartament. În cadrul acestui sondaj a fost evaluată importanța următorilor parametri:

- Parametri spațiali: suprafață utilă, suprafață terase, înălțime utilă;
- Parametri de mediu și sustenabilitate: nivel de însorire, nivel de zgomot, amprentă de carbon;
- Parametri de compartimentare;
- Regimul de înălțime;
- Facilitățile cartierului;
- Disponibilitatea de a plăti suplimentar pentru un apartament ce beneficiază de parametrii pe care îi consideră foarte importanți;

La acest sondaj au existat 159 de respondenți.

2. Al doilea sondaj a fost destinat unui public specializat, respectiv dezvoltatorilor imobiliari. Acest sondaj a urmărit:
   - Identificarea indicatorilor de performanță pe care îi utilizează dezvoltatorii imobiliari pentru evaluarea proiectelor;
   - Identificarea factorilor care influențează cel mai mult prețul apartamentelor;

   La acest sondaj au existat doar 17 respondenți, deoarece chestionarul a fost transmis prin e-mail unui număr de 30 de dezvoltatori din Oradea și din județele învecinate pentru a nu exista riscul ca acest sondaj să fie completat de persoane ce nu au experiență în realizarea proiectelor imobiliare.

Întrebările sondajului au fost grupate astfel încât să poată fi definită importanța fiecărui parametru/aspect în parte, dar și a fiecărei grupe de parametri. Pentru întrebările ce urmăreau identificarea importanței fiecărui parametru în parte a fost utilizată scala Likert de la 1 la 5, unde 1 este *"deloc important"* și 5 este *"foarte important"*, în timp ce pentru întrebările ce urmăreau identificarea parametrului cel mai important dintr-o anumită categorie au fost utilizate întrebări cu răspunsuri închise, cu o alegere unică.

5.1. FACTORII IMPORTANȚI PENTRU BENEFICIARI ÎN EVALUAREA LOCUINȚELOR

5.1.1. EVALUAREA PARAMETRILOR CE ȚIN DE DIMENSIUNEA SPAȚIULUI DE LOCUIT.

În ceea ce privește dimensiunea spațiului de locuit, 90% dintre respondenți au considerat că suprafața utilă este cea mai importantă și doar 5% au considerat suprafața teraselor sau înălțimea interioară ca fiind cele mai importante. Rezultatele cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri spațiali pot fi observate și în *Figura 5.2*.

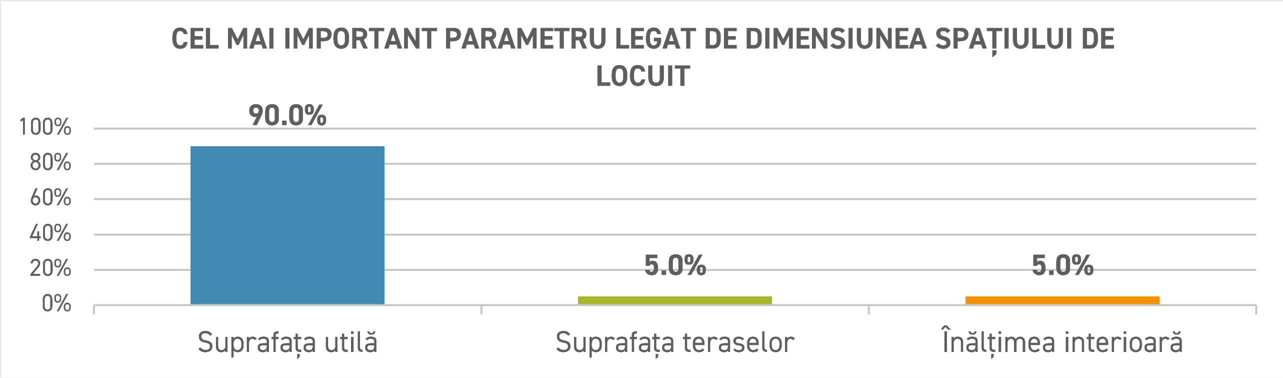


Figura 5.2. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri ce țin de dimensiunea spațiului de locuit.*

5.1.2. EVALUAREA PARAMETRILOR DE MEDIU ȘI SUSTENABILITATE

În urma sondajului efectuat a fost descoperit faptul că pentru 55.3% dintre respondenți nivelul de zgomot are cea mai mare importanță. Nivelul de însorire are cea mai mare importanță pentru 38.4% dintre respondenți, iar amprenta de carbon pentru doar 6.3% dintre respondenți. Rezultatele cu privire la parametrii de mediu și sustenabilitate pot fi studiate urmărind *Figura 5.3* și *Figura 5.4*.

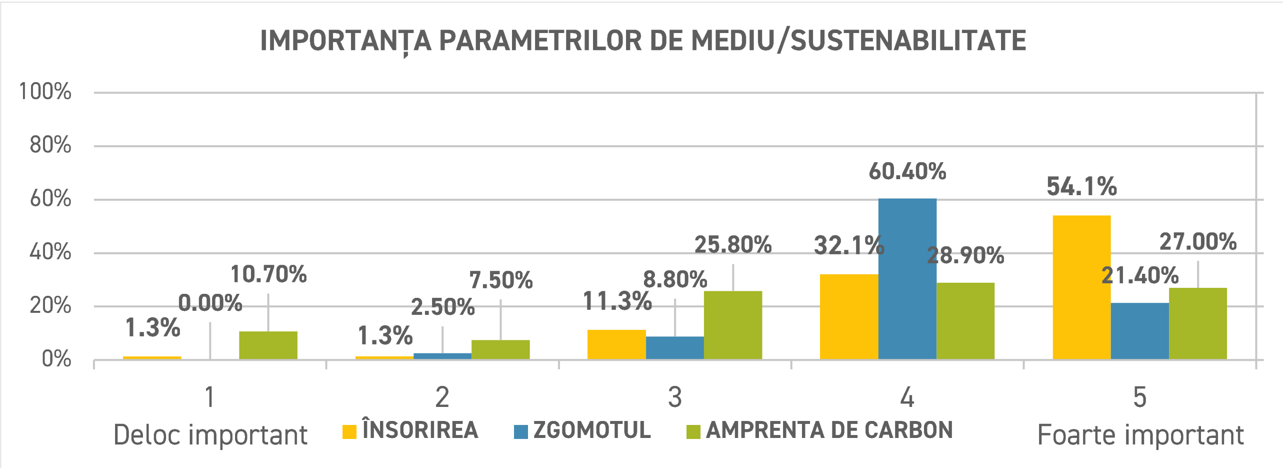


Figura 5.3. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri ce țin de mediu și sustenabilitate.*

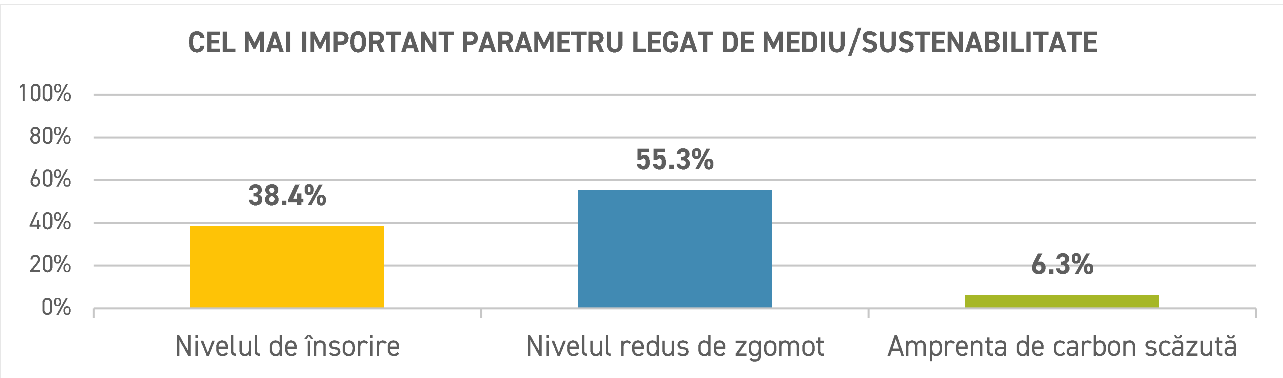


Figura 5.4. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri ce țin de mediu și sustenabilitate.*

5.1.3. EVALUAREA ASPECTELOR CE ȚIN DE COMPARTIMENTAREA LOCUINȚEI ȘI DE CONSTRUCȚIE

În ceea ce privește evaluarea aspectelor ce țin de compartimentarea locuinței a fost constatat faptul că ventilarea naturală a spațiilor locuinței joacă un rol foarte important, deoarece pentru 61.1% dintre respondenți este important ca bucătăria, baia sau camera de zi să fie ventilată. Mai apoi existența unei bucătării închise a fost considerată ca fiind cea mai importantă pentru 11.3% dintre respondenți. Având în vedere faptul că majoritatea persoanelor își doresc bucătării închise din cauza mirosurilor putem considera că și existența unei bucătării închise este tot un indicator privind calitatea aerului interior. Plecând de la această prezumție putem ajunge la concluzia că aspectele ce țin de compartimentare și au implicații asupra calității aerului sunt cele mai importante pentru 72.4% dintre respondenți (*Figura 5.5*).

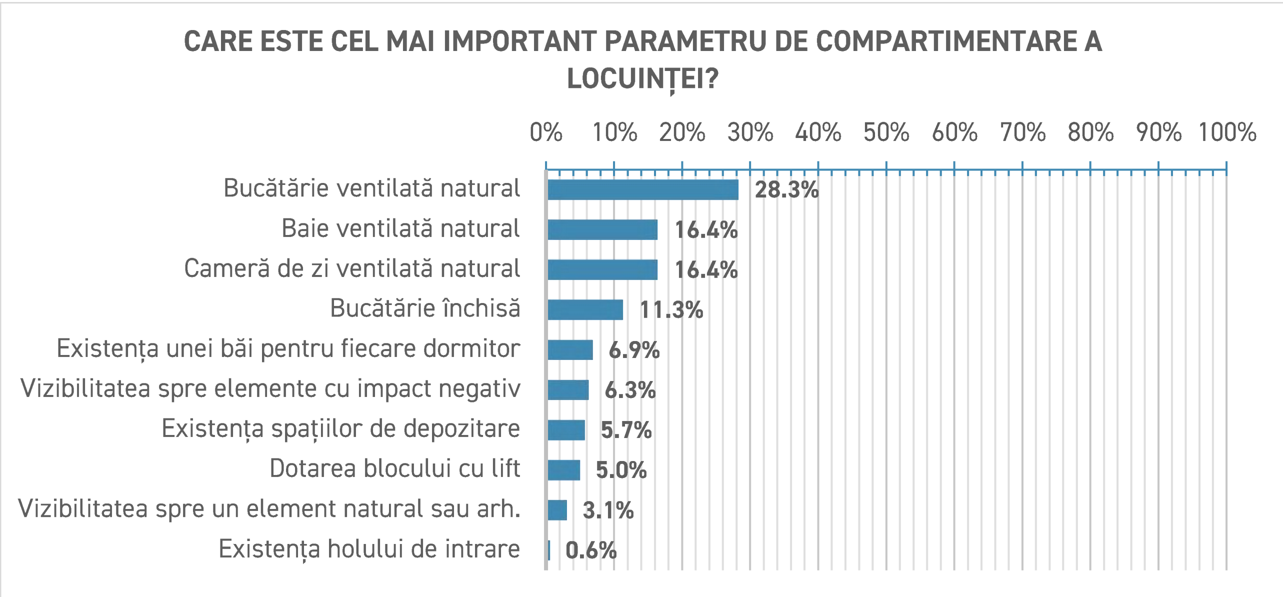


Figura 5.5. ***Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța pe care o au diferiți parametri ce țin de compartimentarea locuinței.***

5.1.4. EVALUAREA ASPECTELOR CE ȚIN DE REGIMUL DE ÎNĂLȚIME AL CONSTRUCȚIEI ÎN CARE SE AFLĂ APARTAMENTUL

Sondajul realizat a scos în evidență faptul că majoritatea respondenților preferă construcțiile rezidențiale cu regim de înălțime mic, 62% dintre respondenți considerând că regimul de înălțime optim este cuprins între un etaj și cinci etaje. De departe cei mai mulți respondenți (41.8%) au considerat că înălțimea optimă a unei construcții rezidențiale este de patru etaje. De asemenea, poate fi observat că nu sunt agreate construcțiile cu mai mult de 11 etaje, deoarece nu a existat niciun respondent care să considere înălțimea optimă cuprinsă între 11 și 15 etaje și doar 2.5% din respondenți au considerat că regimul de înălțime optim este peste 15 etaje (*Figura 5.6*)(*Figura 5.7*)(*Figura 5.8*).

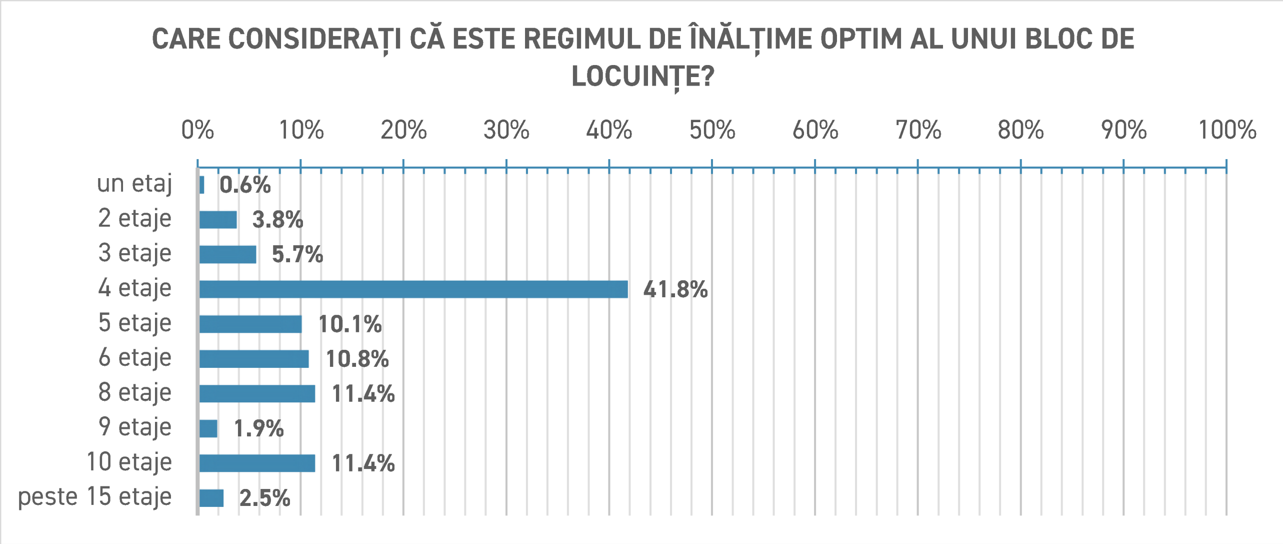


Figura 5.6. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la regimul de înălțime optim al unui bloc de locuințe.*

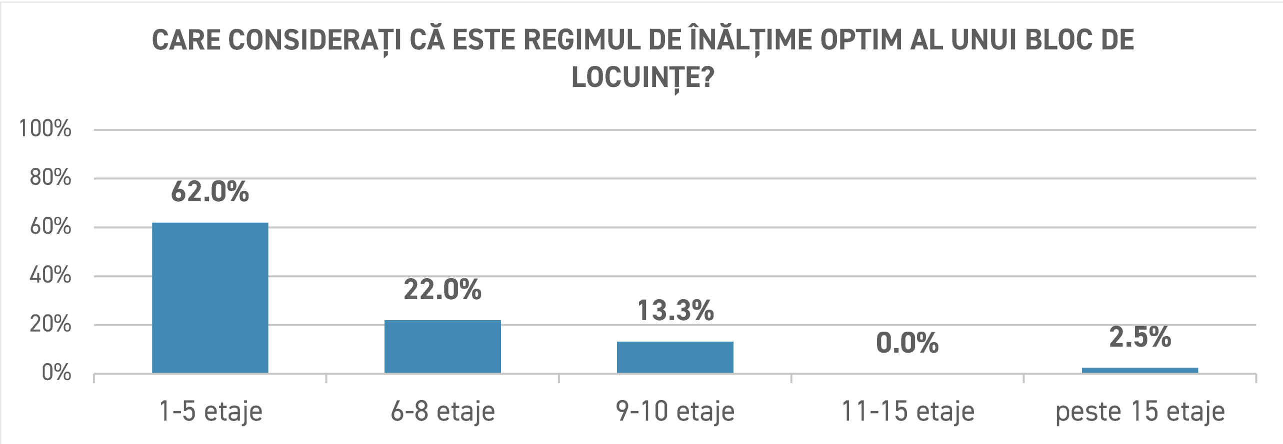


Figura 5.7. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la regimul de înălțime optim al unui bloc de locuințe.*

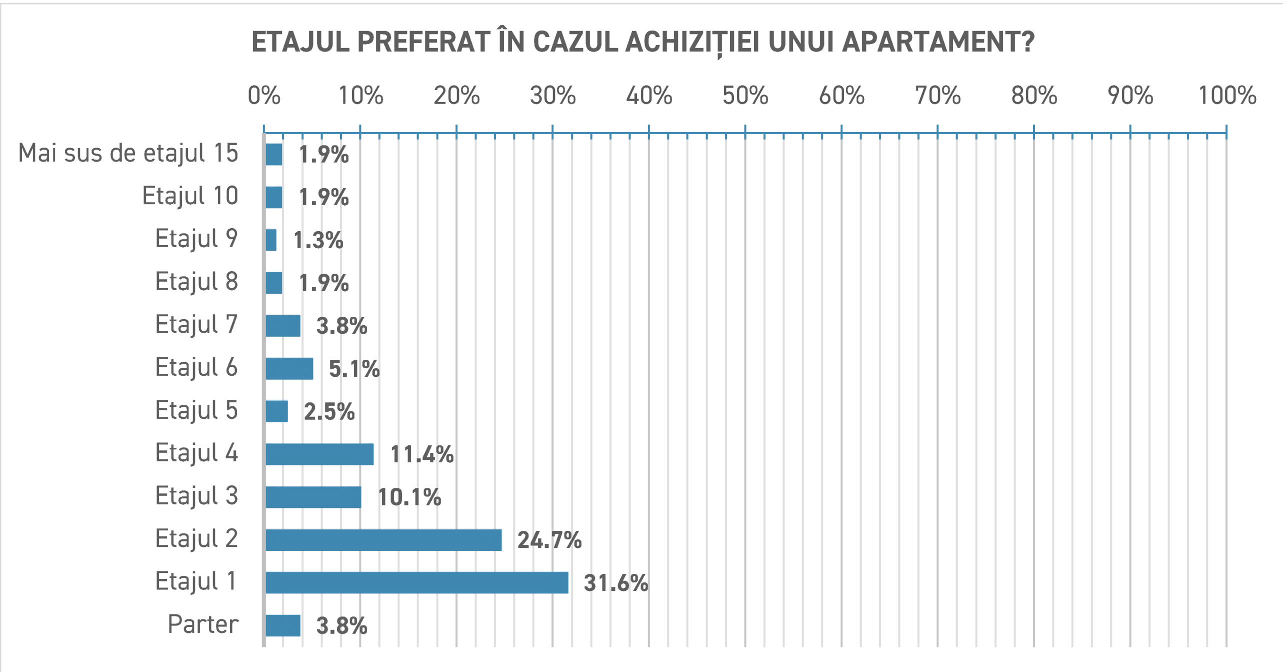


Figura 5.8. *Etajul preferat de beneficiari în cazul achiziționării unui apartament.*

5.1.5. EVALUAREA ASPECTELOR CE ȚIN DE FACILITĂȚILE CARTIERULUI

În această secțiune a chestionarului au fost adresate întrebări care vizau identificarea facilităților și dotărilor de cartier pe care oamenii le consideră importante atunci când analizează un cartier.

În ceea ce privește facilități cartierului se poate observa că spațiile verzi sunt considerate de cei mai mulți respondenți (27.7%) cea mai importantă facilitate a unui cartier. Următoarele ca importanță sunt centrele comerciale (17.0%) și spațiile educaționale (15.7%), poziționarea în oraș (10.7%), accesul facil la mijloace de transport în comun (10.1%) și lipsa funcțiunilor poluante (8.2%). Celelalte funcțiuni au fost considerate cele mai importante facilități ale cartierului de mai puțin de 5% din respondenți. Rezultatele obținute cu privire la importanța facilităților unui cartier pot fi observate în *Figura 5.9*.

În această secțiune au fost inserate și întrebări cu privire la poziționarea în oraș pentru a identifica dacă acest criteriu este important în alegerea unui apartament și ce zonă este considerată mai favorabilă. Se poate observa în *Figura 5.10* că poziționarea este considerată cea mai importantă doar de către 10.7% dintre respondenți. Zona centrală a fost de departe cea mai atractivă pentru cei mai mulți respondenți (72.3%). La polul opus se află zona ultracentrală ce a fost considerată cea mai atractivă de doar 5.7% dintre respondenți. Zona periferică a fost considerată atractivă de doar 22% dintre respondenți (*Figura 5.10*).

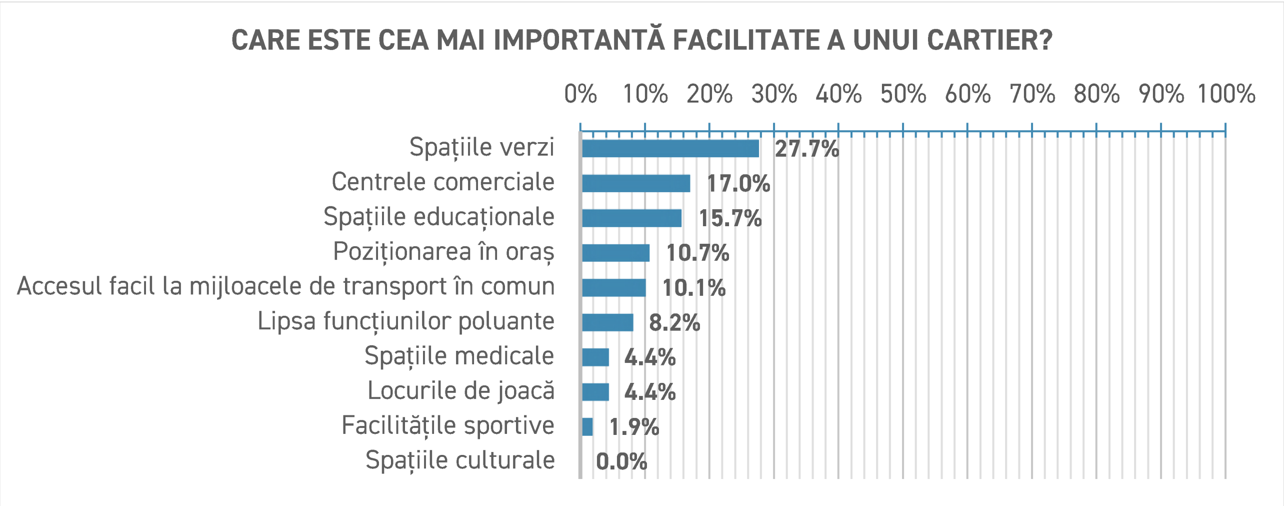


Figura 5.9. ***Distribuția răspunsurilor cu privire la importanța facilităților unui cartier.***

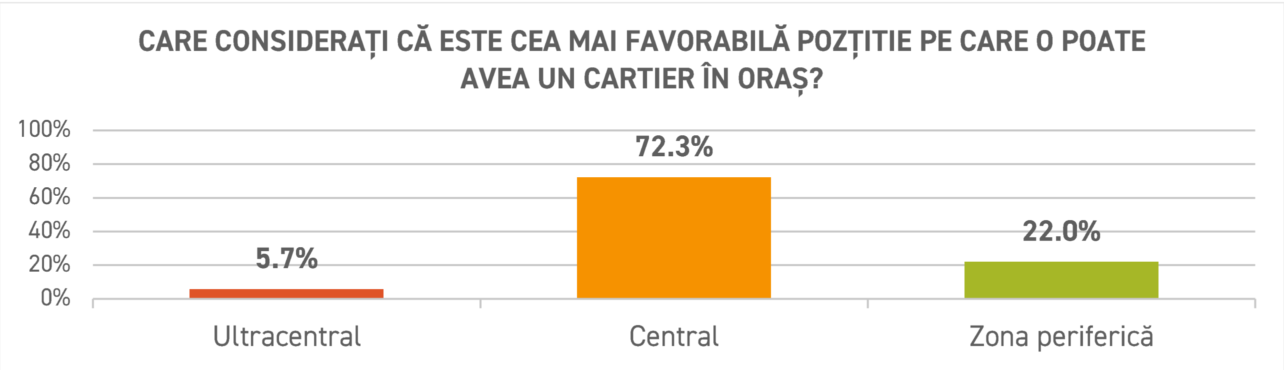


Figura 5.10. *Preferințele respondenților cu privire la poziția cartierului în oraș.*

Dintre toate categoriile de parametri ce au fost evaluate, compartimentarea apartamentului (28.9%) și nivelul de însorire și zgomot (29.6%) au fost considerate ca fiind cele mai importante aspecte de un număr aproximativ egal de respondenți. Cele două aspecte cumulează mai bine de jumătate din răspunsurile primite (58.5%). Spațiul a fost considerat important de 19.5% dintre respondenți, iar poziționarea de 15.1%. Cei mai puțini respondenți au considerat facilitățile cartierului ca fiind cele mai importante (6.9%). (*Figura 5.11*)

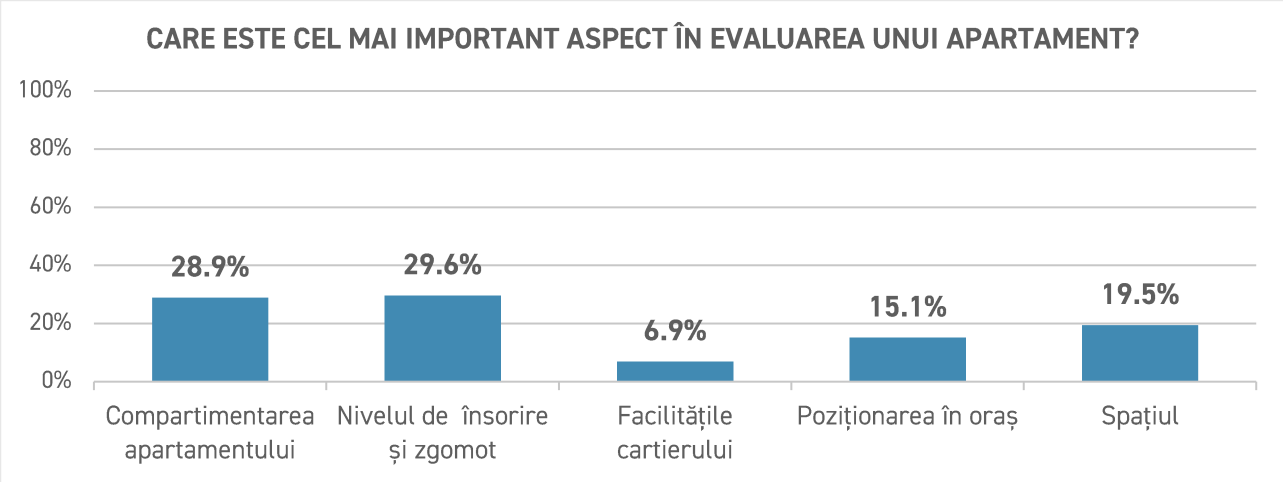


Figura 5.11. *Distribuția răspunsurilor cu privire la importanța pe care o au diferite categorii de factori.*

5.1.6. EVALUAREA DISPONIBILITĂȚII DE A PLĂTI SUPLIMENTAR

După stabilirea importanței pe care o are fiecare parametru a fost urmărită determinarea disponibilității oamenilor de a plăti suplimentar pentru un apartament care are caracteristicile pe care le consideră foarte importante (*Figura 5.12*). Sondajul a relevat faptul că 88.6% dintre respondenți au spus ca ar fi de acord să plătească în plus pentru un astfel de apartament.

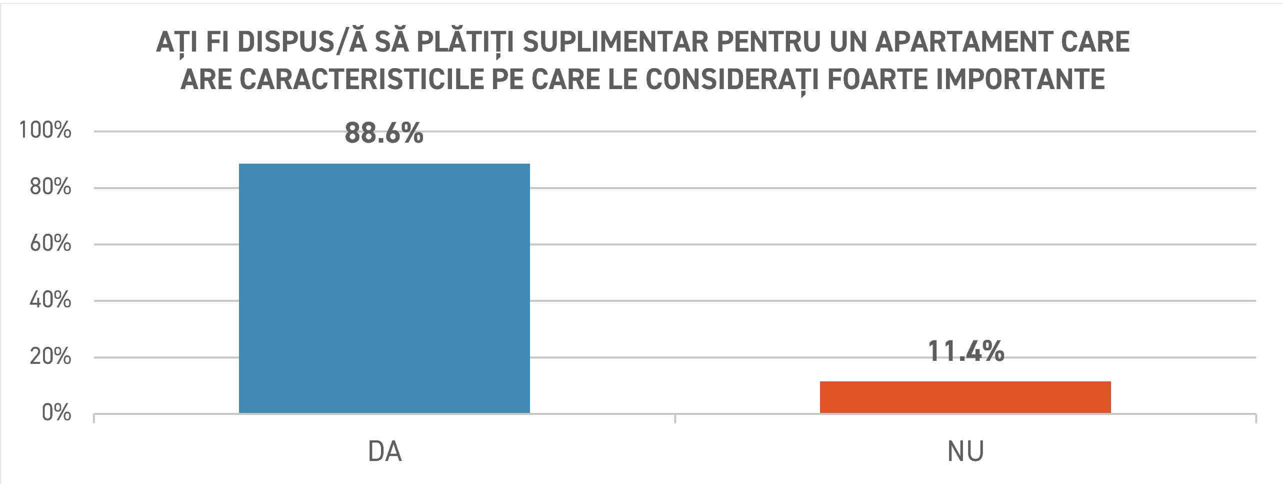


Figura 5.12. *Disponibilitatea respondenților de a plăti suplimentar pentru un apartament care are caracteristicile pe care le consideră foarte importante.*

În ceea ce privește suma pe care respondenții ar fi dispuși să o plătească în plus, cei mai mulți respondenți (36%) au afirmat că ar fi dispuși să plătească suplimentar între 5 și 10%. Aproximativ 23.7% ar fi dispuși să plătească suplimentar între 10 și 15%, aproximativ 22.8% între 0 și 5%. Sume peste 15% ar fi dispuși să plătească doar 17.5% dintre respondenți (*Figura 5.13*).

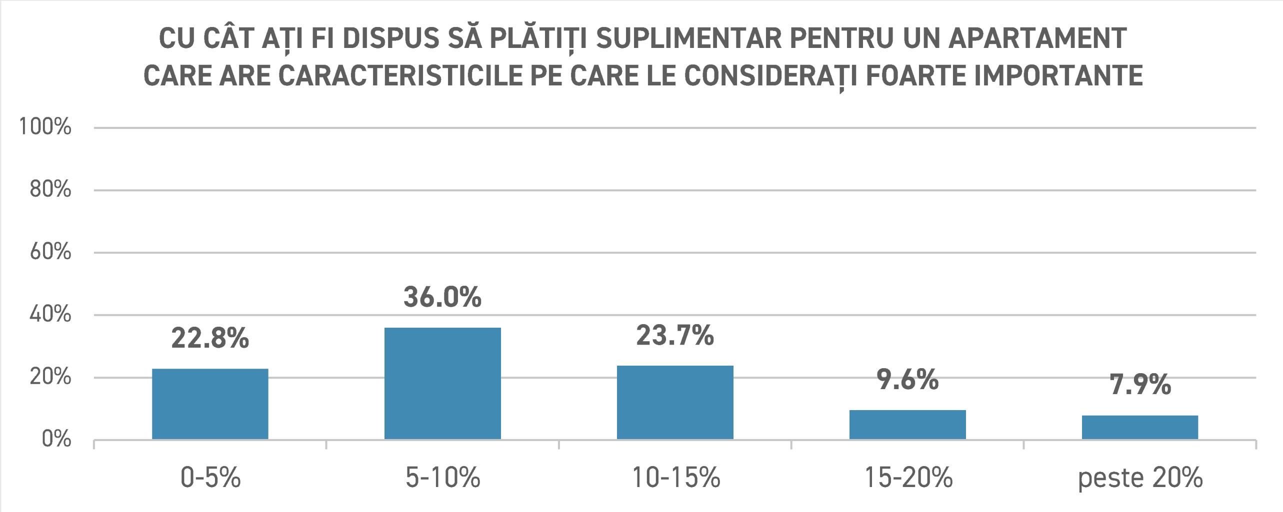


Figura 5.13. ***Disponibilitatea respondenților de a plăti suplimentar diferite procente pentru un apartament care are caracteristicile pe care le consideră foarte importante.***

5.2. FACTORII IMPORTANȚI PENTRU DEZVOLTATORII IMOBILIARI ÎN EVALUAREA PROIECTELOR ANSAMBLURILOR REZIDENȚIALE

5.2.1. EXPERIENȚA DEZVOLTATORILOR IMPLICAȚI ÎN SONDAJ

La sondajul dedicat specialiștilor au participat 17 dezvoltatori imobiliari. Aproape jumătate dintre cei care au răspuns la acest sondaj au o experiență de peste 20 de ani (47.1%)(*Figura 5.14*).

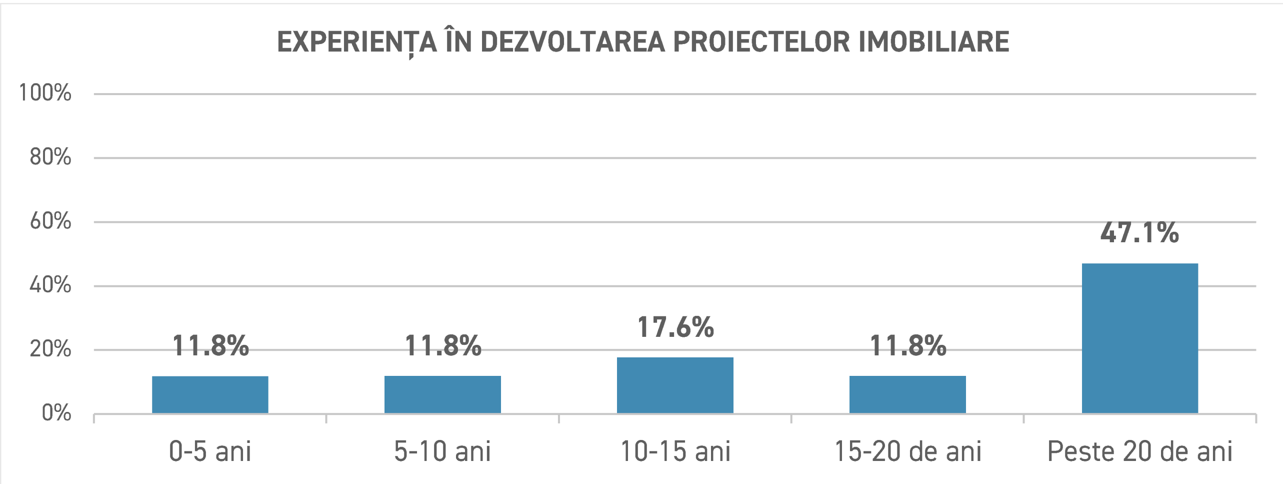


Figura 5.14. ***Experiența dezvoltatorilor în realizarea proiectelor imobiliare.***

În ceea ce privește numărul de proiecte dezvoltate de aceștia se poate observa în *Figura 5.15* că majoritatea (35.3%) au realizat până în momentul de față patru ansamblu rezidențiale. 17.6% dintre respondenți au realizat 1 proiect imobiliar. Printre respondenți se numără și dezvoltatori care au șase ansambluri dezvoltate (17.6%), dar și care au 10, 14 sau 18 ansambluri dezvoltate (câte 5.9% fiecare)(*Figura 5.15*).

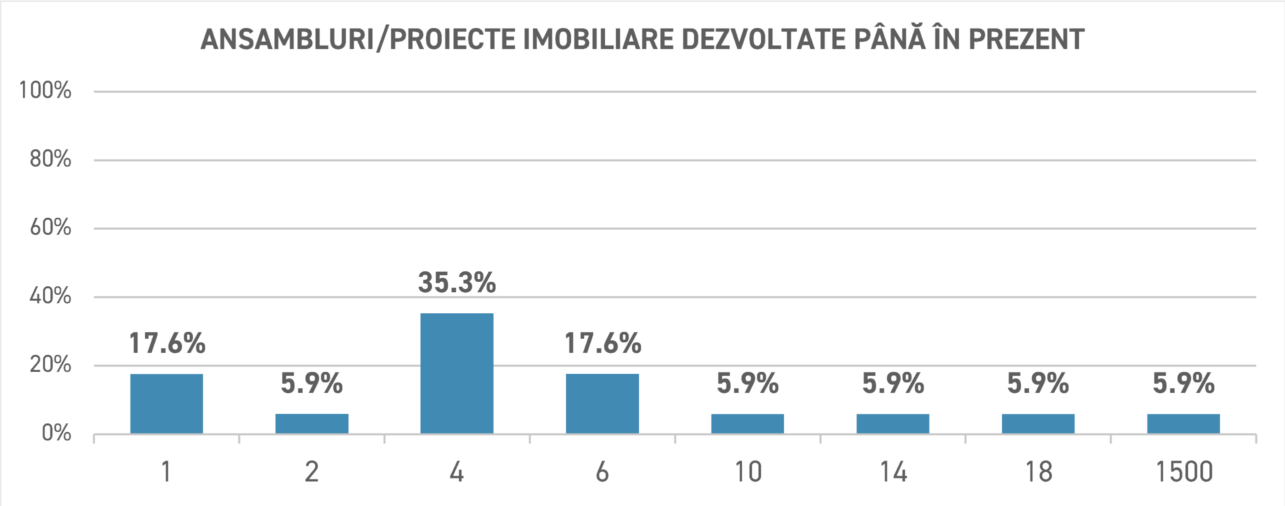


Figura 5.15. ***Numărul de ansambluri rezidențiale realizate de dezvoltatorii imobiliari implicați în sondaj.***

În ceea ce privește numărul total de apartamente pe care îl au proiectele dezvoltate (*Figura 5.16*) putem observa că 17.7% dintre respondenți au realizat proiecte cu până în 40 de apartamente, tot 17.7% au realizat proiecte între 100 și 120 de apartamente, 11.8% proiecte cu 300 de apartamente. Mai mult de jumătate dintre dezvoltatorii ce au răspuns la această întrebare au realizat însă proiecte ce conțin între 500 și 600 de apartamente (*Figura 5.16*).

Putem constata, așadar, că la sondaj au participat dezvoltatori cu o experiență ridicată, dar care realizează proiecte variate ca dimensiune.

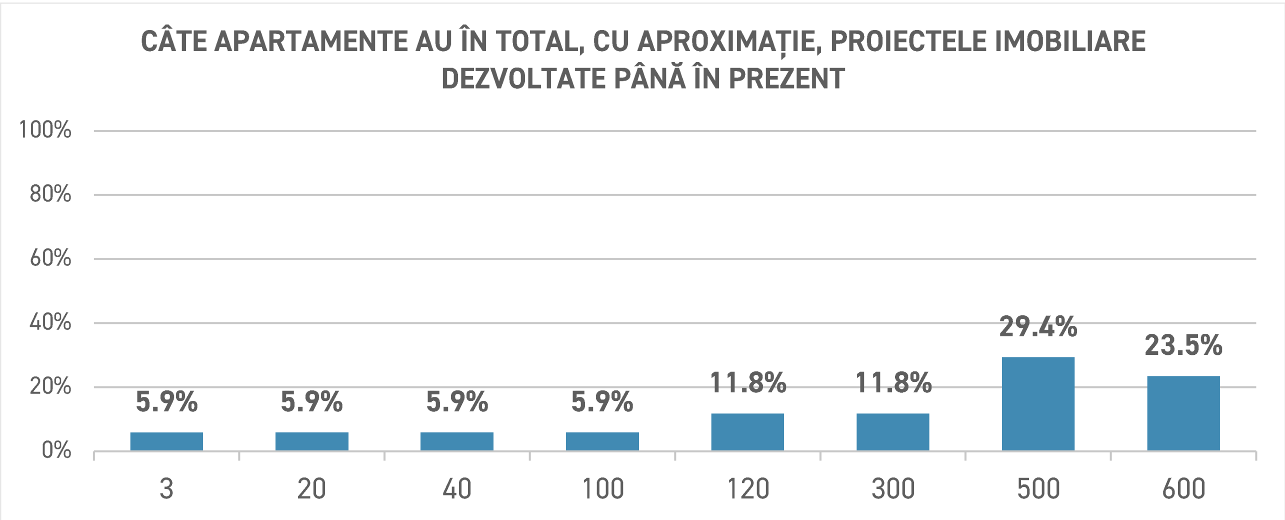


Figura 5.16. ***Numărul de apartamente pe care le au ansamblurile realizate de dezvoltatorii imobiliari implicați în sondaj.***

5.2.2. INDICATORII DE PERFORMANȚĂ UTILIZAȚI DE DEZVOLTATORII PROIECTELOR IMOBILIARE

În a doua secțiune a sondajului realizat cu sprijinul dezvoltatorilor a fost urmărită determinarea indicatorilor de performanță pe care aceștia îi consideră cei mai importanți (*Figura 5.17*). Rezultatele sondajului au arătat că pentru majoritatea dezvoltatorilor atingerea coeficienților urbanistici maximi este cel mai important indicator de performanță (41.2%). Următorii indicatori de performanță, în ceea ce privește importanța, sunt: performanța energetică superioară (29.4%), reducerea timpilor de execuție (17.6%), obținerea unei suprafețe de vânzare cât mai mari (5.9%) și alți indicatori (5.9%). La această întrebare jumătate dintre indicatorii inserați în chestionar nu au fost considerați ca fiind cei mai importanți de niciun dezvoltator. Acești coeficienți au însă grade diferite de importanță ce pot fi determinați utilizând rezultatele întrebărilor care vizau evaluarea individuală a importanței fiecărui criteriu. Statisticile cu privire la aceste întrebări au fost integrate în ANEXA 3. Tot în ANEXA 3 pot fi găsite și întrebările cu privire la evaluarea parametrilor ce influențează prețul apartamentelor din perspectiva dezvoltatorilor.

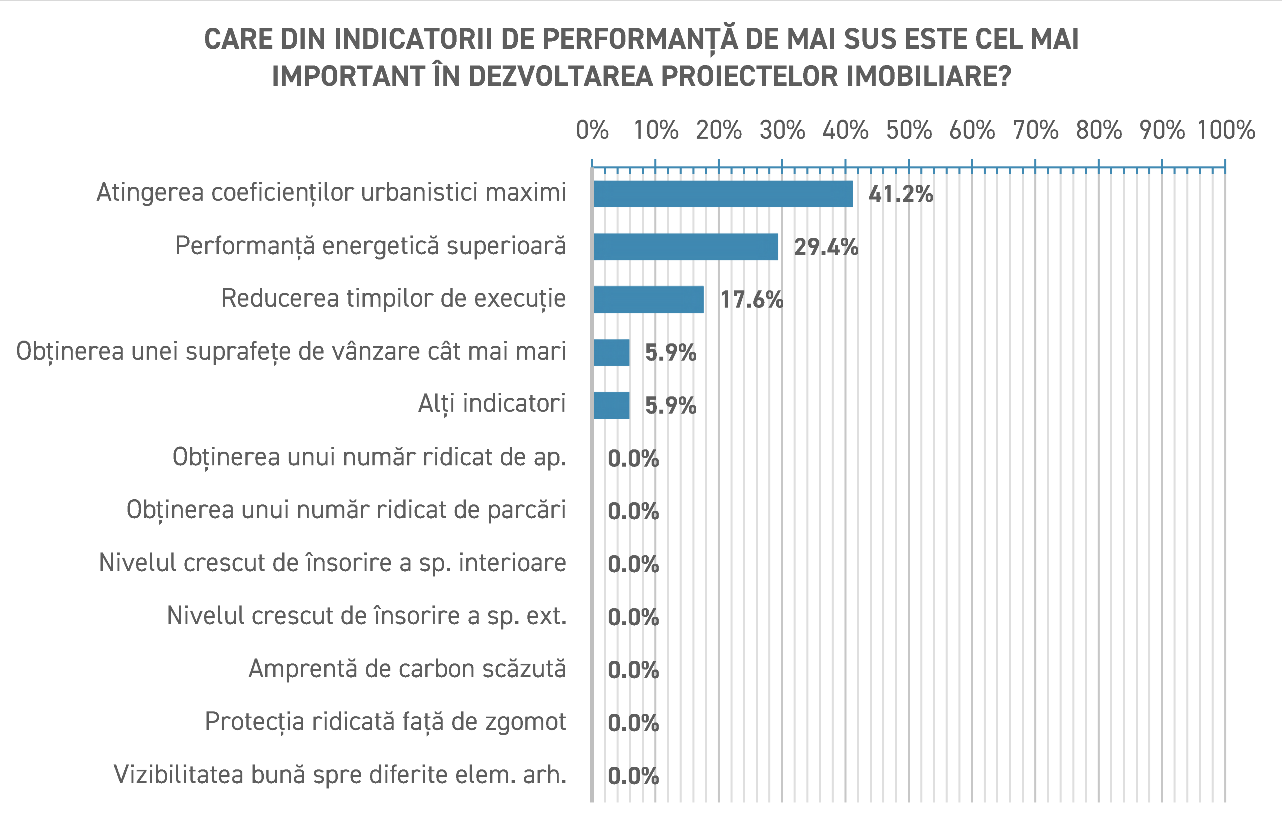


Figura 5.17. ***Indicatorii de performanță urmăriți de dezvoltatorii imobiliari.***

Toți dezvoltatorii care au participat la acest sondaj solicită proiectanților atingerea indicatorilor de performanță pe care îi consideră importanți prin tema sau contractul de proiectare. Aproape toți fac acest lucru la majoritatea proiectelor (94.1%) și doar puțini (5.9%) o fac la o mică parte din proiecte (*Figura 5.18*).

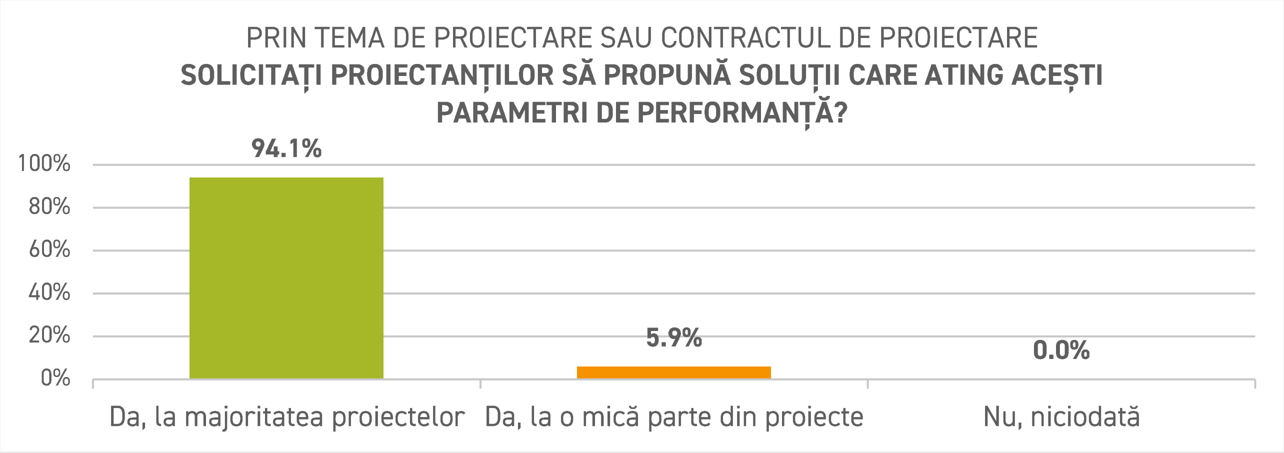


Figura 5.18. ***Frecvența cu care solicită dezvoltatorii imobiliari proiectanților atingerea parametrilor de performanță pe care îi consideră importanți.***

5.2.3. PARAMETRII CE INFLUENȚEAZĂ PREȚUL APARTAMENTELOR DIN PERSPECTIVA DEZVOLTATORILOR

Prin sondajul adresat publicului larg au fost identificați factorii importanți, dar și cât sunt dispuși să plătească în plus oamenii pentru apartamentele care au acele caracteristici. În această secțiune a sondajului a fost urmărită identificarea perspectivei dezvoltatorilor cu privire la factorii care influențează cel mai mult prețul apartamentelor (*Figura 5.19*). Cei mai mulți dezvoltatori (58.8%) consideră că poziția în oraș contribuie cel mai mult la stabilirea prețului unui apartament. Calitatea lucrărilor a fost considerată ca având cel mai mare impact asupra prețului de 23.5% dintre respondenți. O mică parte dintre respondenți au considerat că nivelul de dotare al apartamentului (5.9%), calitatea materialelor utilizate (5.9%) sau amprenta de carbon scăzută a construcției (5.9%) contribuie cel mai mult la stabilirea prețului unui apartament.

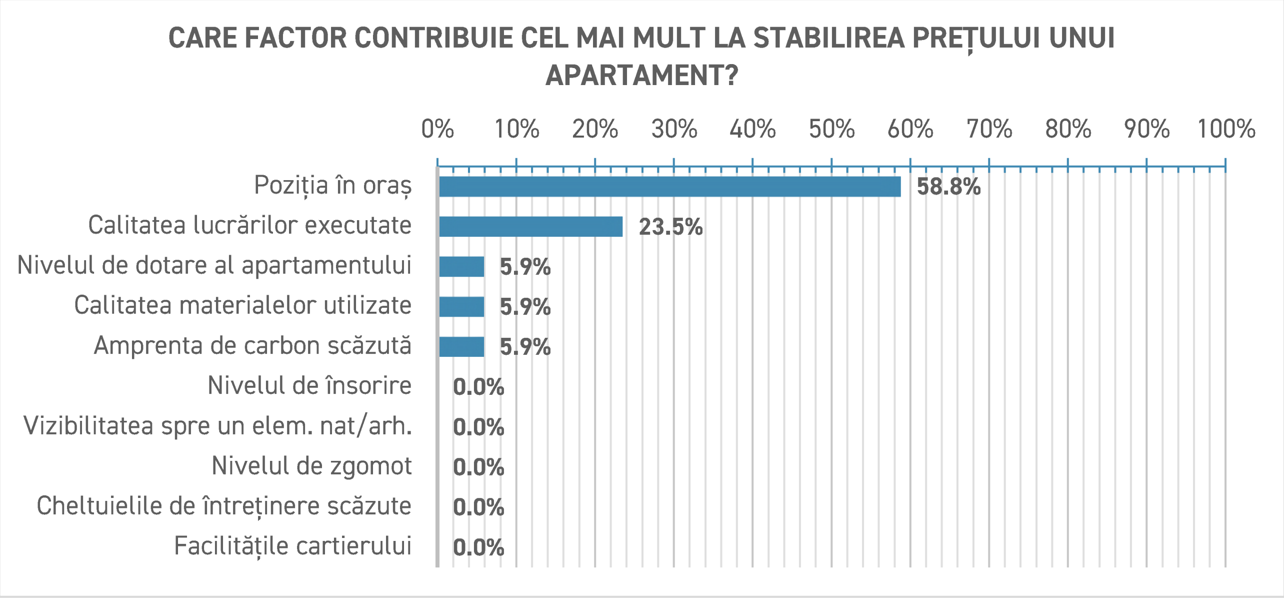


Figura 5.19. ***Factorii ce contribuie cel mai mult la stabilirea prețului unui apartament din perspectiva dezvoltatorilor imobiliari.***

5.3. CONCLUZII

OSS 5.1. și OSS 5.2. – Concluzii privind factorii importanți pentru beneficiari în evaluarea locuințelor și disponibilitatea acestora de a plăti suplimentar pentru locuințele ce au caracteristicile pe care le consideră importante.

În urma analizării rezultatelor obținute la sondajul adresat publicului larg poate fi definit apartamentul ideal pentru majoritatea respondenților. Acesta trebuie să fie situat într-un cartier central ce are în proximitate spații verzi, centre comerciale, spații educaționale și acces facil la mijloacele de transport în comun. Apartamentul trebuie să fie situat la etajul unu al unui bloc cu patru etaje ce este dotat cu lift. Acest apartament trebuie să fie în special ferit de zgomot, dar și să fie însorit. Pe lângă acestea, apartamentul trebuie să aibă bucătărie, baie și cameră de zi ventilate natural, dar și bucătăria închisă. Nu în ultimul rând, este important ca suprafața utilă să fie cât mai mare, chiar dacă suprafața teraselor sau înălțimea sunt minime. Pentru un astfel de apartament majoritatea respondenților ar fi dispuși să achite mai mult cu 5 până la 10% decât pentru un apartament ce nu are aceste specificații.

Pentru cei mai mulți respondenți cele mai importante aspecte în evaluarea unui apartament sunt nivelul de însorire și zgomot (29.6%), compartimentarea apartamentului (28.9%) și spațiul (19.5%). Toate aceste aspecte țin de confortul interior al apartamentului. Faptul că doar 22% dintre respondenți au considerat aspecte exterioare apartamentului (facilitățile cartierului și poziționarea în oraș) ca fiind cele mai importante demonstrează faptul că pentru majoritatea oamenilor este cel mai important confortul interior al apartamentului. Acest lucru este lesne de înțeles în condițiile în care anumite statistici arată că oamenii petrec în propria locuință între 13 și 14 ore pe zi (54-58% din durata unei zile)(Jacoby & Alonso, 2022).

În ceea ce privește parametrii de mediu și sustenabilitate s-a constatat că zgomotul are o importanță mai ridicată decât însorirea și faptul că amprenta de carbon are o importanță redusă.

În ceea ce privește compartimentarea apartamentului, pentru oameni este cel mai important ca bucătăria, camera de zi și baia să fie ventilate, dar și să existe o bucătărie închisă. Mai apoi în privința spațiului s-a observat că suprafața utilă este cea mai importantă și că suprafața teraselor și înălțimea utilă au o importanță nesemnificativă.

Cele mai importante facilități ale unui cartier sunt considerate spațiile verzi, centrele comerciale, spațiile educaționale, poziția în oraș și accesul facil la mijloacele de transport în comun.

În ceea ce privește regimul de înălțime se constată că sunt preferate blocurile cu regim mic de înălțime, ce au, de preferat, 4 etaje, iar apartamentele cele mai atractive sunt situate la etajul unu.

OSS 5.3. Concluzii privind indicatorii de performanță utilizați de dezvoltatori pentru evaluarea performanței proiectelor.

Sondajul la care au participat dezvoltatorii imobiliari a evidențiat faptul că principalii indicatori de performanță urmăriți sunt: atingerea coeficienților urbanistici maximi, performanța energetică superioară, reducerea timpilor de execuție, obținerea unei suprafețe de vânzare cât mai mari. Faptul că pentru 41.2% dintre dezvoltatori atingerea coeficienților urbanistici este cel mai import indicator de performanță demonstrează faptul că în momentul de față atenția acestora este orientată spre aspectele cantitative și economice, spre obținerea unui volum construit cât mai mare. Faptul că 29.4% dintre dezvoltatori consideră performanța energetică drept cel mai important indicator de performanță constituie un pas important spre conștientizarea importanței pe care o are reducerea impactului construcțiilor asupra mediului.

OSS 5.4. Concluzii privind aspectele ce influențează cel mai mult prețul apartamentelor din perspectiva dezvoltatorilor imobiliari.

Dezvoltatorii imobiliari consideră că principalii factori ce influențează prețul apartamentelor sunt poziția în oraș, calitatea lucrărilor executate și într-o mai mică măsură nivelul de dotare al apartamentului, calitatea materialelor utilizate sau amprenta de carbon scăzută.

6. EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A CONSTRUCȚIILOR REZIDENȚIALE ÎN FAZELE INIȚIALE DE PROIECTARE

În cadrul capitolului 6 sunt prezentate două sisteme decizionale ce utilizează logica fuzzy pentru evaluarea proiectelor în fazele inițiale de proiectare. Structura acestui capitol este reprezentată grafic în *Figura 6.1*, iar obiectivele secundare specifice urmărite în cadrul capitolului sunt centralizate în *Tabelul 6.1*.

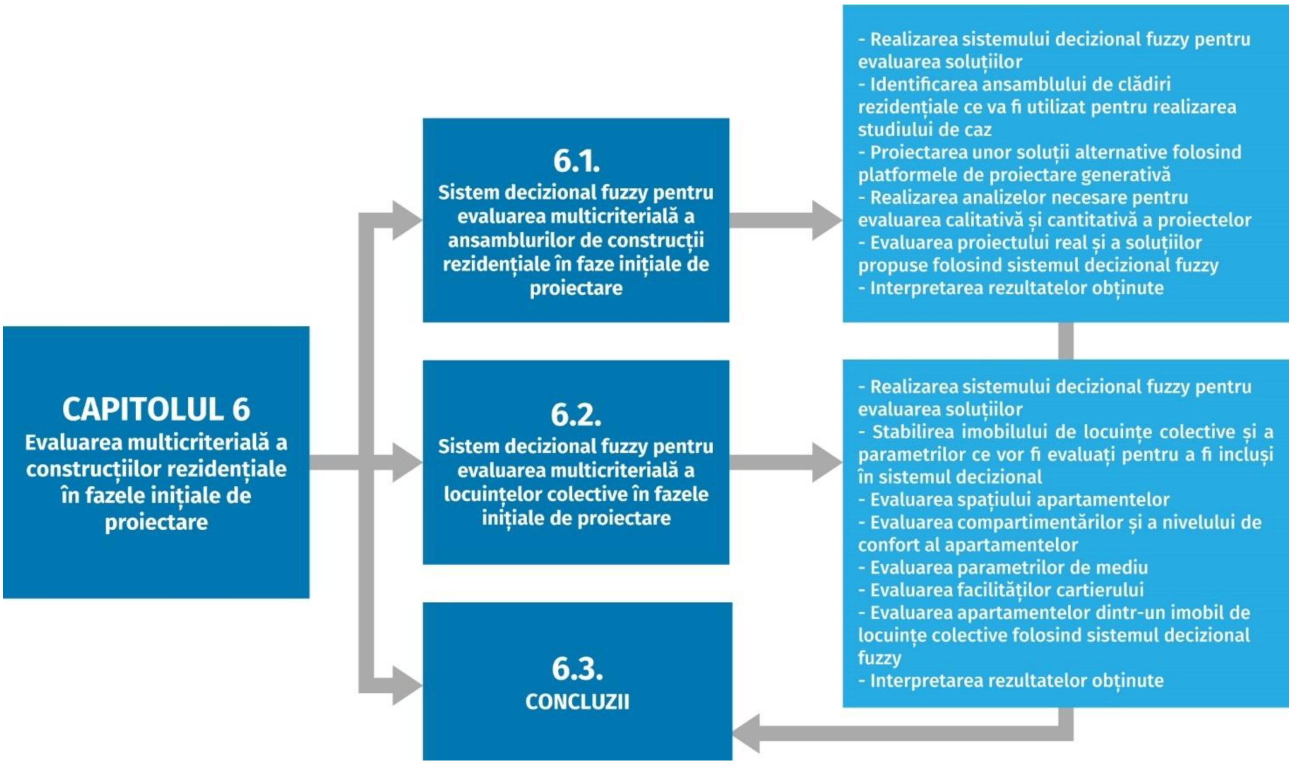


Figura 6.1. ***Structura capitolului 6 și tematica abordată în cadrul capitolului.***

Tabelul 6.1. ***Obiective secundare specifice urmărite în cadrul capitolului 6.***

OSS 6.1.	Realizarea unui sistem decizional fuzzy pentru evaluarea multicriterială a ansamblurilor de construcții rezidențiale în fazele inițiale de proiectare;
OSS 6.2.	Realizarea unui sistem decizional fuzzy pentru evaluarea multicriterială a apartamentelor din cadrul unei construcții în fazele inițiale de proiectare;
OSS 6.3.	Utilizarea platformelor de proiectare generativă pentru realizarea a trei proiecte alternative pentru un ansamblu rezidențial existent;
OSS 6.4.	Utilizarea platformelor de analiză pentru evaluarea parametrilor de mediu și sustenabilitate ai proiectului existent și a proiectelor propuse;
OSS 6.5.	Evaluarea nivelului de confort și a compartimentării apartamentelor din cadrul unei construcții situate în ansamblul studiat;
OSS 6.6.	Evaluarea facilităților cartierului în care se află ansamblul studiat;
OSS.6.7	Testarea sistemelor decizionale prin evaluarea proiectului real și a proiectelor realizate cu ajutorul platformelor de proiectare generativă;

Platformele de proiectare generativă au avantajul că pot genera cu foarte mare ușurință și într-un timp foarte scurt zeci sau chiar sute de posibile soluții ce pot fi total diferite în ceea ce privește forma, dimensiunea sau poziția construcțiilor, drumurilor, parcărilor sau spațiilor verzi. Modul de dispunere a acestor elemente pe parcelă influențează mai apoi și diferiți parametri calitativi sau de confort cum sunt însorirea, nivelul de zgomot, microclimatul sau vânturile. Includerea acestor parametri în evaluarea soluțiilor îngreunează și mai mult procesul decizional de selectare a soluției optime deoarece ajunge să implice evaluarea mai multor criterii ce au obiective contradictorii sau valori incomensurabile și prin urmare, nu pot fi evaluate empiric sau folosind calcule matematice simple. Aceste provocări pot fi însă depășite folosind sisteme decizionale bazate pe logica fuzzy, ce au avantajul că permit integrarea și evaluarea mai multor criterii în același sistem decizional.

În acest capitol sunt prezentate două sisteme decizionale bazate pe logica fuzzy, ce au fost dezvoltate pentru a facilita procesul decizional necesar optimizării proiectelor în fazele inițiale de proiectare.

1. Primul sistem decizional fuzzy este conceput **pentru a fi utilizat în faza de (pre)fezabilitate pentru evaluarea multicriterială a soluțiilor proiectate pentru ansamblurile de clădiri rezidențiale**. În această fază a proiectului construcțiile sunt reprezentate schematic, doar la nivel de volumetrie simplă, deoarece în această etapă sunt studiate diferite modalități de ocupare a parcelei utilizând construcții cu diferite forme, dimensiuni, poziții sau orientări.
2. Al doilea sistem decizional fuzzy a fost conceput **pentru a fi utilizat în fazele următoare de proiectare pentru evaluarea multicriterială a apartamentelor din cadrul ansamblurilor rezidențiale** în vederea îmbunătățirii soluțiilor proiectate. Așadar, acest sistem decizional poate fi utilizat doar în momentul în care există planuri cu compartimentarea interioară a apartamentelor. Acest model decizional poate fi utilizat de investitor și în etapa de promovare și vânzare a apartamentelor, deoarece scorurile obținute pot fi utilizate pentru stabilirea prețului de vânzare.

6.1. SISTEM DECIZIONAL FUZZY PENTRU EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A ANSAMBLURILOR DE CONSTRUCȚII REZIDENȚIALE ÎN FAZELE INIȚIALE DE PROIECTARE

Sistemul decizional pentru evaluarea ansamblurilor de construcții rezidențiale a fost dezvoltat ca urmare a necesității de a avea la dispoziție un instrument de evaluare multicriterială care să înglobeze, atât parametrii cantitativi, cât și parametrii calitativi.

Totodată, sistemul decizional a trebuit să fie adaptabil pentru a putea fi personalizat cu ușurință de la un proiect la altul, deoarece obiectivele diferă de la proiect la proiect și prin urmare, diferă și indicatorii de performanță care trebuie atinși. Pentru atingerea acestor obiective au fost utilizate sisteme de inferență bazate pe logica fuzzy. Validarea acestui sistem decizional a implicat parcurgerea următorilor pași:

1. Realizarea sistemului decizional fuzzy pentru evaluarea soluțiilor;
2. Identificarea ansamblului de clădiri rezidențiale ce va fi utilizat pentru realizarea studiului de caz;
3. Proiectarea unor soluții alternative folosind platformele de proiectare generativă;
4. Realizarea analizelor necesare pentru evaluarea calitativă și cantitativă a proiectelor;
5. Evaluarea proiectului real și a soluțiilor propuse folosind sistemul decizional fuzzy;
6. Interpretarea rezultatelor obținute;

În subcapitolele următoare sunt descrise procesele ce au avut loc în fiecare etapă.

6.1.1. REALIZAREA SISTEMULUI DECIZIONAL FUZZY PENTRU EVALUAREA SOLUȚIILOR

Definirea sistemului de inferență a implicat parcurgerea următorilor pași:

1. Stabilirea variabilelor de intrare;
2. Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat;
3. Configurarea structurii sistemului de inferență arborescent;
4. Definirea gradelor lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare și ieșire;
5. Definirea regulilor fuzzy;

Stabilirea variabilelor de intrare utilizate

Cu toate că studiile realizate în cadrul acestei lucrări au demonstrat faptul că principalii indicatori de performanță urmăriți de dezvoltatorii imobiliari sunt cei cantitativi, modelul decizional a fost dezvoltat astfel încât să înglobeze și indicatori calitativi, deoarece aspectele ce țin de însorire și zgomot s-au dovedit a fi cele mai importante pentru cumpărători în momentul în care doresc să achiziționeze un apartament. Așadar, variabilele de intrare au fost împărțite în două categorii principale: variabile economice și variabile de mediu. Din categoria variabilelor economice fac parte acele variabile care influențează performanța economică a proiectului, în timp ce din categoria variabilelor de mediu fac parte indicatorii de mediu ce afectează confortul locuitorilor și indicatorii de sustenabilitate. Structura ierarhică a variabilelor de intrare poate fi observată și în *Tabelul 6.2*.

Tabelul 6.2. ***Structura ierarhică a variabilelor de intrare utilizate ce au fost utilizate în sistemul decizional.***

Variabile de intrare	Sistem de inferență fuzzy Etapa 1 - inițială	Sistem de inferență fuzzy Etapa 2 - intermediară	Sistem de inferență fuzzy Etapa finală
Suprafață zone rezidențiale	Suprafețe	Economic	Cumulativ Cartier
Suprafață zone comerciale			
Suprafață zone dotări			
Număr de apartamente	Cantitativ		
Număr de parcări			
Însorire	Mediu	Mediu	
Zgomot			
Carbon înglobat			

Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat

Pentru realizarea sistemului decizional s-a utilizat un sistem de inferență arborescent (FIS Tree) compus din mai multe sisteme de inferență tip Mamdani. A fost ales acest sistem de inferență arborescent și gruparea variabilelor de intrare în sisteme de inferență secundare, deoarece sistemul de decizie conține opt variabile de intrare, iar pentru a avea precizie ar fi fost necesare cinci grade lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare. Dacă nu ar fi fost realizată o grupare a variabilelor de intrare și ar fi fost introduse toate variabilele într-un singur FIS de tip Mamdani ar fi trebuit definite manual 390.625 reguli (5^8). Acest număr de reguli depășea atât capacitatea umană de a defini regulile, cât și capacitatea de calcul a aplicației Fuzzy Logic Designer din programul MATLAB ce a fost utilizată pentru realizarea sistemelor fuzzy. Studiile realizate în Capitoul 4 pentru realizarea sistemului decizional utilizat la evaluarea platformelor de proiectare au demonstrat faptul că, până și atunci când se utilizează cinci intrări și sistemul de inferență conține 3.125 de reguli, apar dificultăți serioase în ceea ce privește prelucrarea datelor și calcularea scorului final de către programul MATLAB. Acesta este motivul pentru care a fost urmărită gruparea variabilelor de intrare în mai multe sisteme de inferență fuzzy astfel încât niciun sistem să nu conțină mai mult de patru variabile de intrare. Pentru a defini și controla în mod direct relația dintre sistemele de inferență aferente fiecărei grupe de criterii, acestea au fost integrate într-un sistem fuzzy arborescent. Sistemele de inferență arborescente au avantajul că permit introducerea și conectarea mai multor sisteme de inferență într-un singur sistem fuzzy cu o structură ierarhică.

Pentru realizarea sistemului decizional au fost alese sistemele Mamdani, deoarece relație dintre anumite variabile de intrare și ieșire era dificil de definit prin funcții matematice, însă această relația a putut fi definită cu ușurință folosind reguli lingvistice. Totodată, precizia oferită de sistemul Mamdani a fost considerată potrivită pentru dezvoltarea unui sistem decizional ce nu are nevoie de precizia ridicată specifică sistemelor Sugeno.

Configurarea structurii sistemului de inferență arborescent

În prima fază a fost construită structura sistemului de inferență arborescent prin inserarea FIS-urilor aferente grupelor de variabile de intrare prezentate în *Tabelul 6.2*. În urma grupării propuse au fost definite următoarele 5 FIS: mediu, suprafețe, cantitativ, economic și cumulativ. Scorul pentru parametrii de mediu a fost obținut direct din variabilele inițiale de intrare, în timp ce pentru calcularea scorului economic au fost necesare două FIS intermediare, care să evalueze aspectele ce țin de suprafețe și de cantitate (numărul de apartamente/parcări). Structura sistemului de inferență arborescent a fost reprezentată schematic în *Figura 6.2*. În *Figura 6.3* poate fi observată o captură de ecran din modulul Fuzzy Designer Logic a programului MatLAB, cu sistemul de inferență arborescent ”FIS_Ansamblu”, iar în *Figura 6.4* poate fi observată configurația sistemului de inferență ”FIS_Mediu”. Imaginile cu celelalte sisteme de inferență au fost inserate în ANEXA 4.

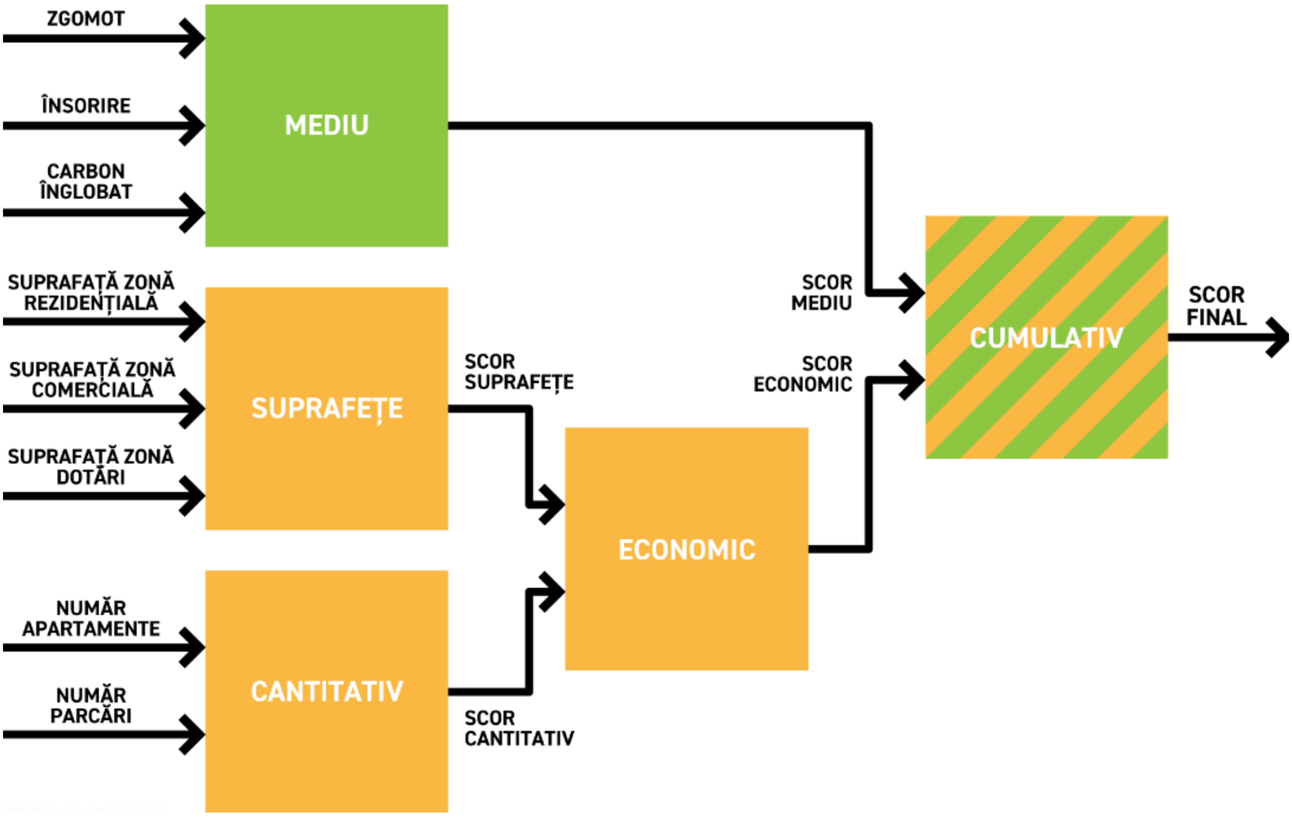


Figura 6.2. *Schematizarea structurii sistemului de inferență arborescent (”FIS_Ansamblu”).*

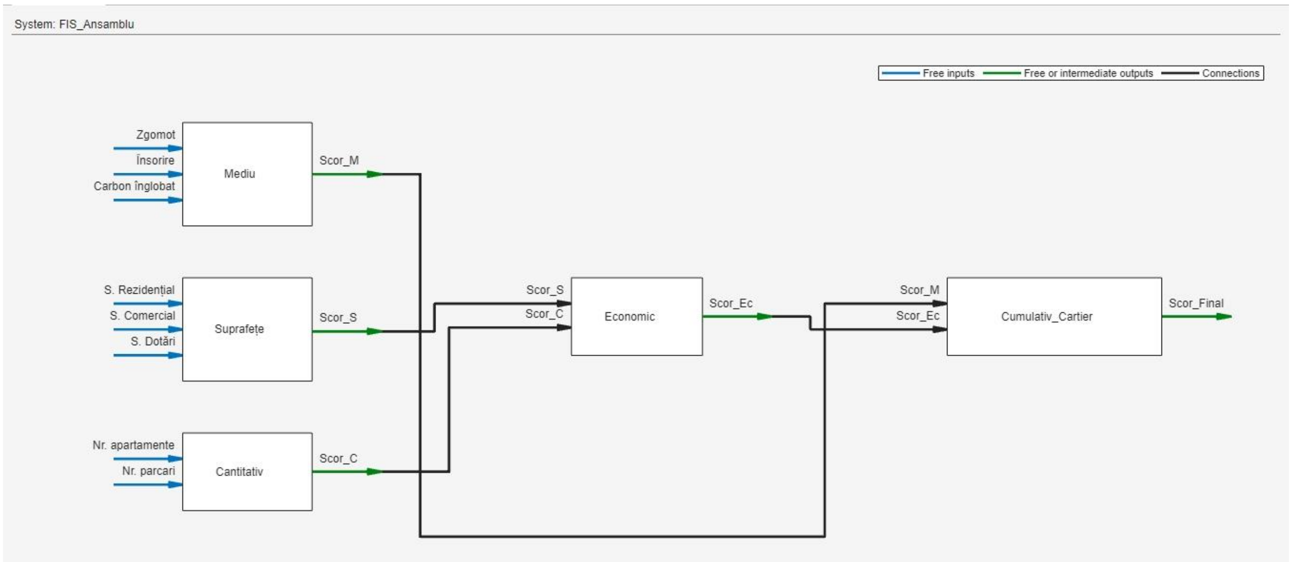


Figura 6.3. ***Sistemul de inferență arborescent ″FIS_Ansamblu″ definit în MatLAB Fuzzy Logic Designer pentru evaluarea ansamblului de construcții rezidențiale.***

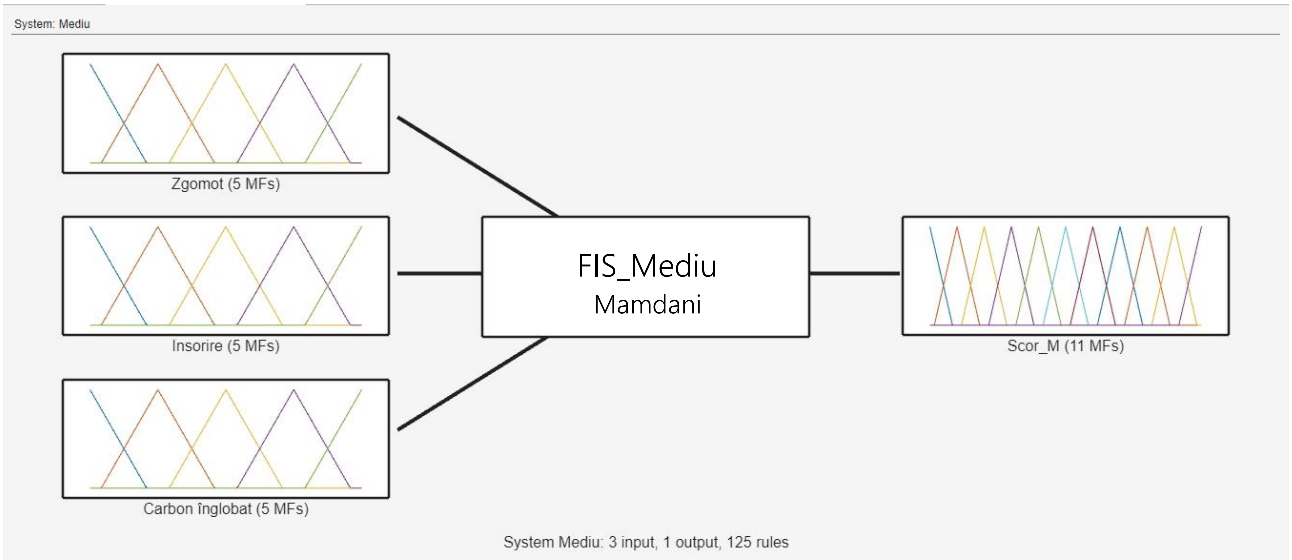


Figura 6.4. ***Sistemul de inferență ″Mediu″ din cadrul sistemului arborescent ″FIS_Ansamblu″.***

Definirea gradelor lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare și ieșire

În etapele inițiale de dezvoltare a sistemului decizional a fost testată varianta utilizării unor valori de intrare reale, însă adoptarea acestei soluții a implicat un proces îndelungat de rafinare a regulilor și a funcțiilor de apartenență pentru a face sistemul decizional să reacționeze corespunzător la modificările aduse variabilelor de intrare. Așadar, această metodă a diminuat considerabil flexibilitatea și adaptabilitatea sistemului decizional, în sensul că la fiecare proiect sau investiție trebuia reluat acest proces de rafinare a regulilor și funcțiilor de apartenență în funcție de obiectivele investitorului sau de specificul proiectului. Acest impediment a fost depășit parțial prin normalizarea și mai apoi ponderarea valorilor înainte de a fi introduse în sistemul de inferență. Astfel configurarea sistemelor de inferență din prima fază (mediu, suprafețe, cantitativ) s-a simplificat

considerabil, deoarece regulile și funcțiile de apartenență nu au mai trebuit rafinate pentru a obține rezultatele dorite. Cu toate acestea, pentru sistemele fuzzy din fazele următoare (economic și cumulativ) a fost în continuare necesară ponderarea scorurilor prin intermediul regulilor și funcțiilor de apartenență.

Pentru toate variabilele de intrare au fost utilizate funcțiile de apartenență prezentate în *Tabelul 6.3* și Figura 6.5. Se poate observa că pentru intrări s-au utilizat cinci grade lingvistice (foarte mic, mic, mediu, mare și foarte mare), funcție de apartenență triunghiulară, iar valorile au fost distribuite uniform între gradele lingvistice. Variabilele de intrare au fost configurate astfel încât să aibă valori cuprinse între 0 și 100. Au fost efectuate teste și cu trei grade lingvistice, însă nivelul de precizie al sistemului fuzzy era scăzut, deoarece scorul final nu surprindea anumite modificări aduse variabilelor de intrare.

Tabelul 6.3. ***Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare.***

Grade lingvistice	Abreviere	Tip funcție de apartenență	Interval
foarte mic	fm	Triunghiulară	[-20.8333 0 20.8333]
mic	m	Triunghiulară	[4.16667 25 45.8333]
Mediu	Med	Triunghiulară	[29.1667 50 70.8333]
Mare	M	Triunghiulară	[54.1667 75 95.8333]
Foarte mare	FM	Triunghiulară	[79.1667 100 120.833]

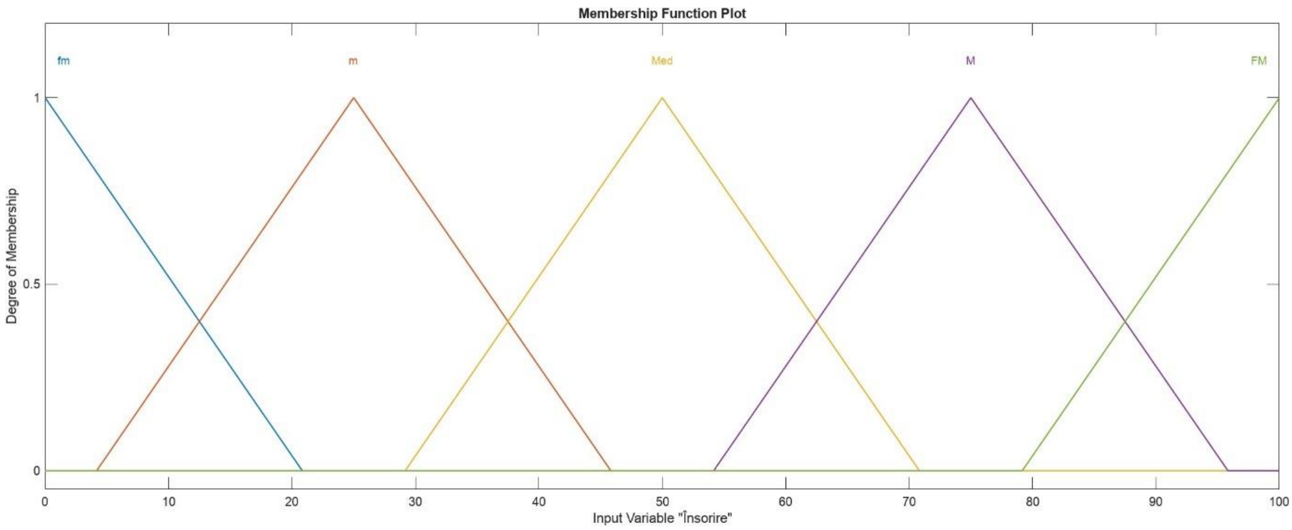


Figura 6.5 – Funcțiile de apartenență pentru variabilele de intrare.

O măsură similară a fost luată și în cazul variabilelor de ieșire, unde în loc de cinci grade lingvistice au fost utilizate 11. Dublarea gradelor lingvistice pentru variabilele de ieșire a avut același scop de a crește precizia rezultatelor generate. Au fost alese 11 grade lingvistice și nu zece, deoarece în momentul în care numărul de grade lingvistice este par și se introduc intrări medii pentru fiecare variabilă de intrare nu rezultă un scor mediu cum ar

fi normal atunci când variabilele de intrare au aceeași importanță. Pentru variabilele de ieșire au fost utilizate funcțiile de apartenență prezentate în *Tabelul 6.4* și *Figura 6.6*. Putem observa că și în cazul variabilelor de ieșire s-au utilizat funcții de apartenență triunghiulare și că valorile sunt distribuite uniform între gradele lingvistice. Variabilele de ieșire au fost configurate astfel încât să aibă valori cuprinse între 0 și 100.

Tabelul 6.4. ***Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de ieșire***

Grade lingvistice	Abreviere	Tip funcție de apartenență	Interval
GL0	GL0	Triunghiulară	[-8.33333 0 8.33333]
GL1	GL1	Triunghiulară	[1.66667 10 18.3333]
GL2	GL2	Triunghiulară	[11.6667 20 28.3333]
GL3	GL3	Triunghiulară	[21.6667 30 38.3333]
GL4	GL4	Triunghiulară	[31.6667 40 48.3333]
GL5	GL5	Triunghiulară	[41.6667 50 58.3333]
GL6	GL6	Triunghiulară	[51.6667 60 68.3333]
GL7	GL7	Triunghiulară	[61.6667 70 78.3333]
GL8	GL8	Triunghiulară	[71.6667 80 88.3333]
GL9	GL9	Triunghiulară	[81.6667 90 98.3333]
GL10	GL10	Triunghiulară	[91.6667 100 108.333]

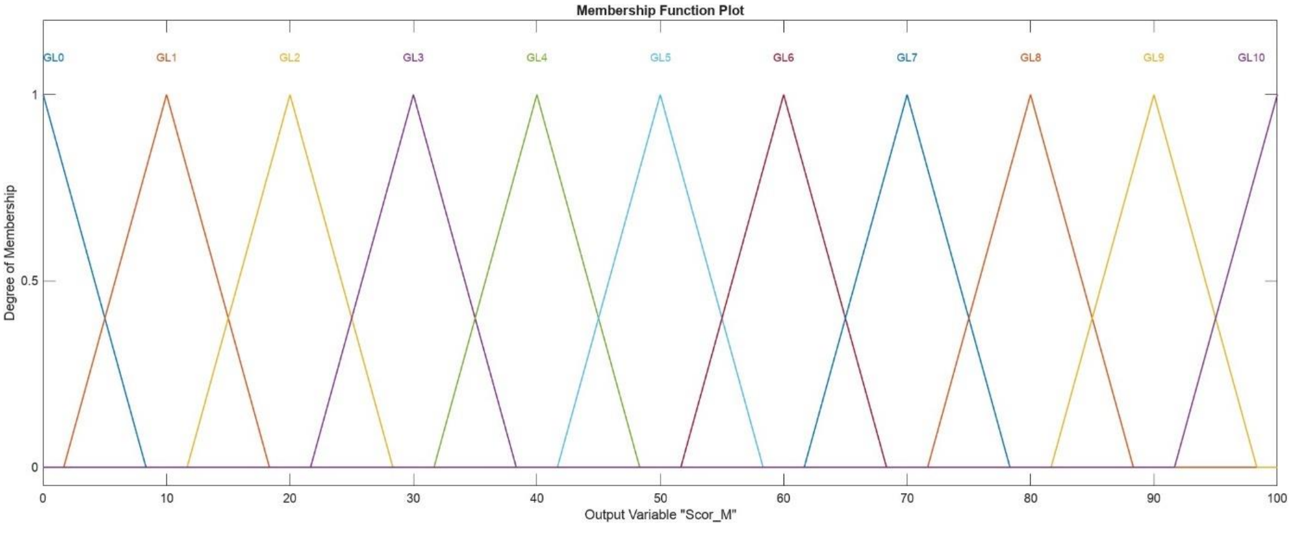


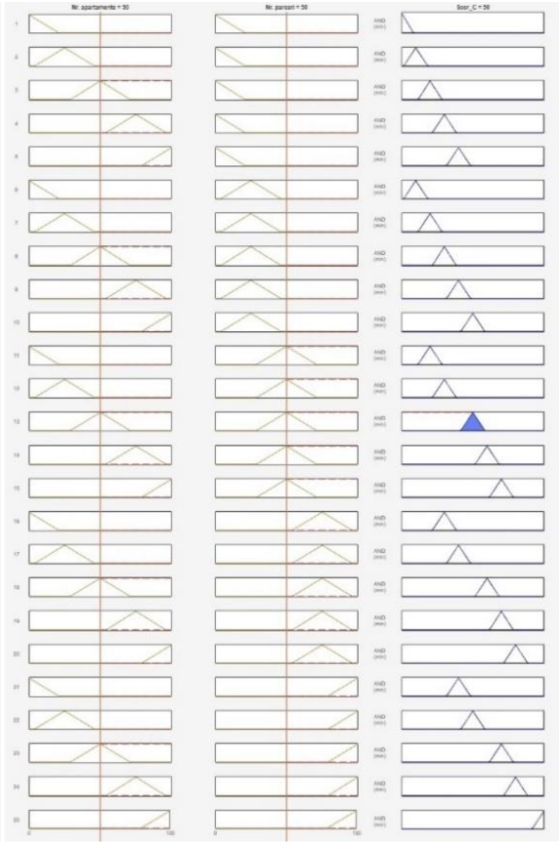
Figura 6.6. ***Funcțiile de apartenență pentru variabilele de ieșire***

Definirea regulilor fuzzy și a metodei de defuzzificare

Definirea regulilor fuzzy a implicat stabilirea relațiilor dintre variabilele de intrare și cele de ieșire, la fiecare sistem de inferență. Aceste reguli sunt formulate de tipul: dacă *Numărul de apartamente* este *foarte mic* și *numărul de parcări* este *mic* atunci *Scorul cantitativ* este *mic*. Sistemele de inferență inserate în sistemul arborescent au în total 325 de reguli.

Procesul de definire a regulilor a fost ușurat prin utilizarea unor formule simple în Google Sheets. Acest aspect a ajutat la configurarea regulilor și la ponderarea acestora în funcție de importanța variabilelor de intrare. În *Figura 6.7* (a) pot fi observate regulile definite pentru FIS-ul Cantitativ, iar în *Figura 6.7* (b) poate fi observat modul în care a fost realizată inferența regulilor pentru același FIS.

	Rule	Weight	Name
1	If Nr. apartamente is fm and Nr. parcari is fm then Scor_C is GL0	1	rule1
2	If Nr. apartamente is m and Nr. parcari is fm then Scor_C is GL1	1	rule2
3	If Nr. apartamente is Med and Nr. parcari is fm then Scor_C is GL2	1	rule3
4	If Nr. apartamente is M and Nr. parcari is fm then Scor_C is GL3	1	rule4
5	If Nr. apartamente is FM and Nr. parcari is fm then Scor_C is GL4	1	rule5
6	If Nr. apartamente is fm and Nr. parcari is m then Scor_C is GL1	1	rule6
7	If Nr. apartamente is m and Nr. parcari is m then Scor_C is GL2	1	rule7
8	If Nr. apartamente is Med and Nr. parcari is m then Scor_C is GL3	1	rule8
9	If Nr. apartamente is M and Nr. parcari is m then Scor_C is GL4	1	rule9
10	If Nr. apartamente is FM and Nr. parcari is m then Scor_C is GL5	1	rule10
11	If Nr. apartamente is fm and Nr. parcari is Med then Scor_C is GL2	1	rule11
12	If Nr. apartamente is m and Nr. parcari is Med then Scor_C is GL3	1	rule12
13	If Nr. apartamente is Med and Nr. parcari is Med then Scor_C is GL5	1	rule13
14	If Nr. apartamente is M and Nr. parcari is Med then Scor_C is GL6	1	rule14
15	If Nr. apartamente is FM and Nr. parcari is Med then Scor_C is GL7	1	rule15
16	If Nr. apartamente is fm and Nr. parcari is M then Scor_C is GL3	1	rule16
17	If Nr. apartamente is m and Nr. parcari is M then Scor_C is GL4	1	rule17
18	If Nr. apartamente is Med and Nr. parcari is M then Scor_C is GL6	1	rule18
19	If Nr. apartamente is M and Nr. parcari is M then Scor_C is GL7	1	rule19
20	If Nr. apartamente is FM and Nr. parcari is M then Scor_C is GL8	1	rule20
21	If Nr. apartamente is fm and Nr. parcari is FM then Scor_C is GL4	1	rule21
22	If Nr. apartamente is m and Nr. parcari is FM then Scor_C is GL5	1	rule22
23	If Nr. apartamente is Med and Nr. parcari is FM then Scor_C is GL7	1	rule23
24	If Nr. apartamente is M and Nr. parcari is FM then Scor_C is GL8	1	rule24
25	If Nr. apartamente is FM and Nr. parcari is FM then Scor_C is GL10	1	rule25



(a) (b)

Figura 6.7. ***(a) Regulile fuzzy pentru Sistemul de Inferență Fuzzy Cantitativ și (b) Inferența regulilor pentru Sistemul de Inferență Fuzzy Cantitativ***

Suprafața de variație a mărimii de ieșire pentru variabilele de intrare ce au aceeași importanță este simetrică *Figura 6.8*. În cazul tuturor FIS din prima etapă, suprafața de variație are această formă deoarece scorurile pentru variabilele de intrare au fost normalizate și ponderate înainte de a fi introduse în sistemul Fuzzy. În cazul FIS cumulative, suprafața de variație este asimetrică deoarece scorurile calculate de FIS din prima etapă nu au mai fost ponderate. Suprafața de variație a mărimii de ieșire a "*FIS_Ansamblu*" poate fi observată în *Figura 6.9*.

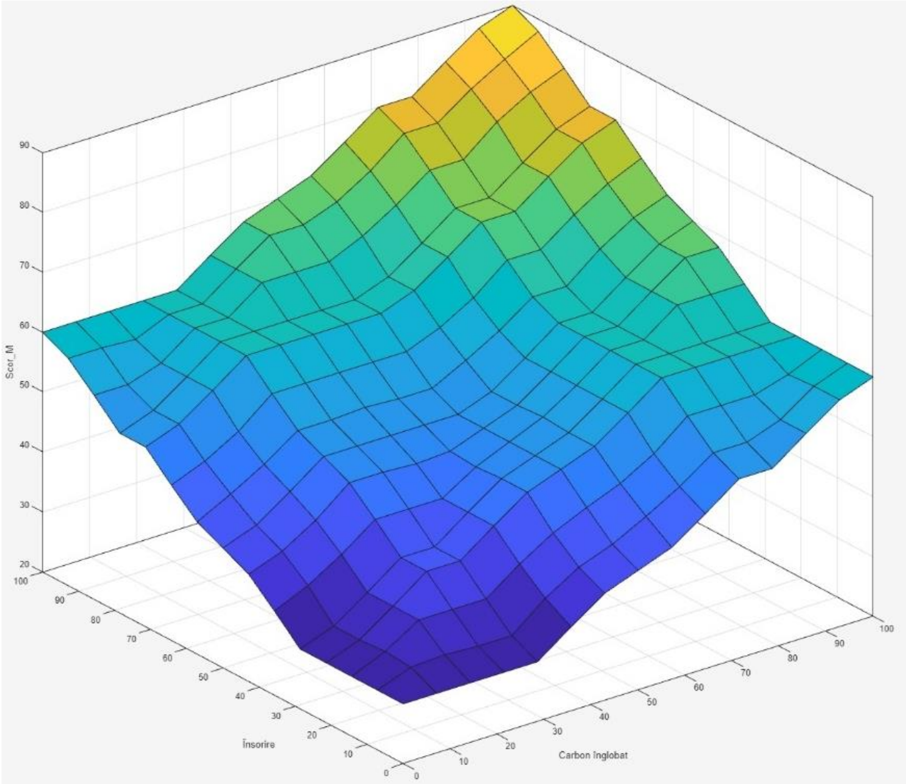


Figura 6.8. *Suprafața de variație a mărimii de ieșire când variabilele de intrare au aceeași importanță. În cazul de față la calcularea scorului de mediu (Scor_M), atât Însorirea, cât și Carbonul înglobat au aceeași pondere, deoarece valorile de intrare au fost ponderate înainte de introducerea în sistemul fuzzy.*

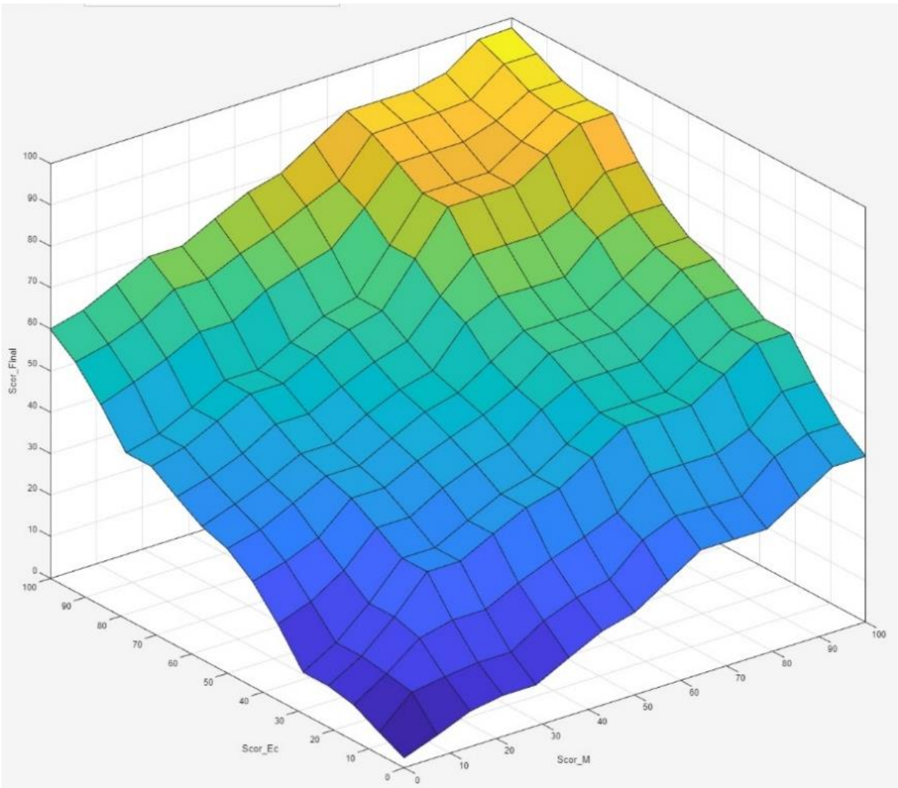


Figura 6.9. *Suprafața de variație a mărimii de ieșire când variabilele de intrare au o importanță diferită. În cazul de față în calcularea scorului final scorul economic (Scor_E – stânga) are o pondere mai ridicată decât scorul de mediu (Scor_M – dreapta)*

6.1.2. IDENTIFICAREA ANSAMBLULUI DE CLĂDIRI REZIDENȚIALE CE VA FI UTILIZAT PENTRU REALIZAREA STUDIULUI DE CAZ

Pentru realizarea studiilor de caz a fost ales un ansamblu de locuințe colective situat în Municipiul Oradea, pe strada Ceyrat, la aproximativ 2.3 km de centrul istoric (*Figura 6.10*). În vecinătatea amplasamentului studiat există atât funcțiuni sau repere care contribuie pozitiv la imaginea zonei, cum sunt Universitatea din Oradea, pârâul Pețа și Muzeul Țării Crișurilor, dar și un reper ce contribuie negativ la imaginea acestei zone, respectiv Cimitirul Municipal ”Rulikowski”.

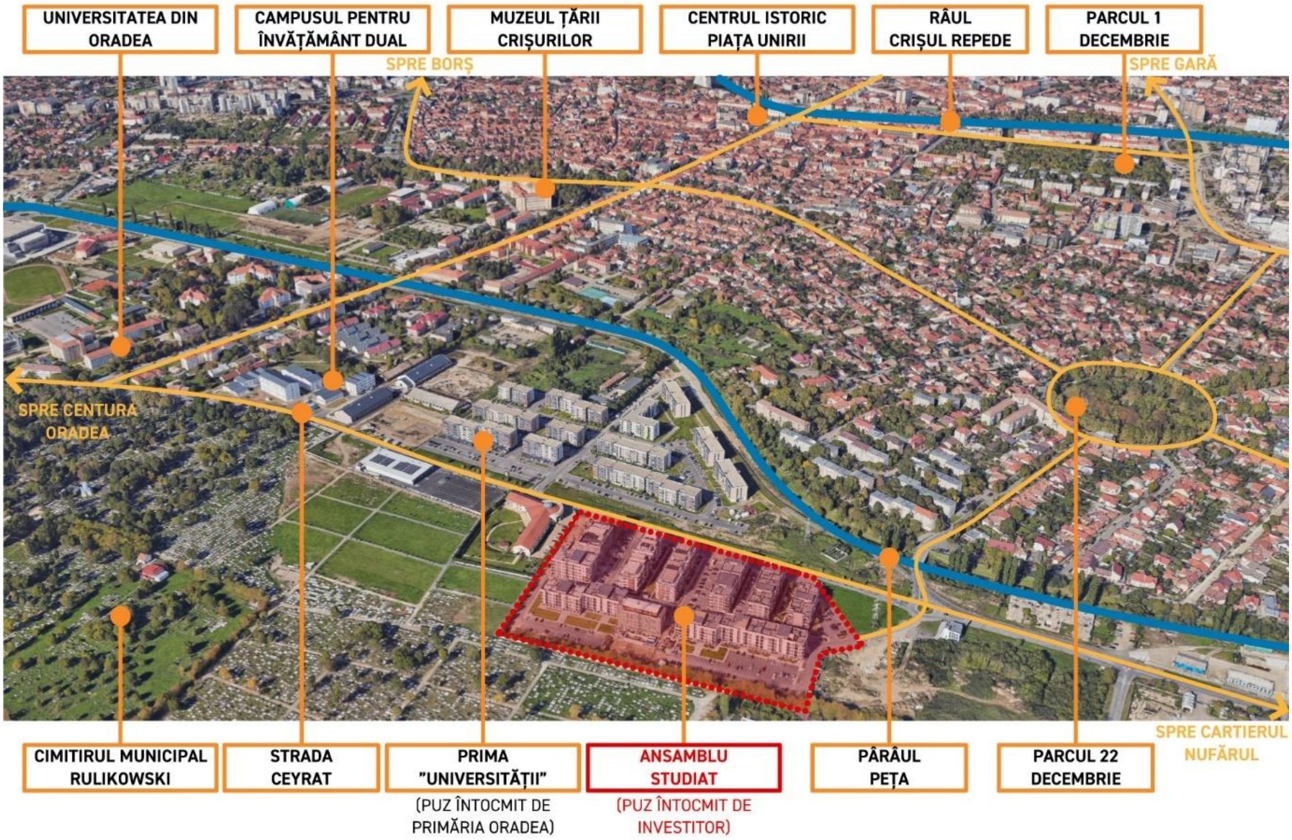


Figura 6.10. ***Localizarea amplasamentului studiat în raport cu principalele repere existente în apropierea zonei studiate***

A fost ales acest ansamblu datorită dimensiunilor mai reduse, a formei relativ regulate a parcelei, a faptului că vecinătățile nu sunt problematice, dar și a faptului că pentru acest proiect au putut fi descărcate de pe site-ul dezvoltatorului și al Primăriei Municipiului Oradea o parte din planurile ce conțin informațiile necesare pentru realizarea studiului de caz. Astfel atenția lucrării a putut fi concentrată spre dezvoltarea modelului decizional și nu spre realizarea unui proiect complex de urbanism.

Modul de ocupare a terenului pe care a fost realizat acest cartier rezidențial a fost reglementat printr-un Plan Urbanistic Zonal (PUZ) aprobat în anul 2017 ce a fost ulterior modificat în mai multe rânduri până la momentul finalizării lucrărilor. În *Tabelul 6.5* au fost

extrași din planșa cu reglementări urbanistice, depusă la Primăria Oradea pentru consultarea populației, principalii indicatori urbanistici care descriu acest proiect.

Tabelul 6.5. *Indicatorii urbanistici și extras din bilanțul teritorial al Planului Urbanistic Zonal aprobat. Sursa: (Primăria Oradea, 2022)*

Indicatori urbanistici	Valoare
Suprafață teren zonă locuire	40.088 m^2
POT maxim	25%
POT propus	23.4%
CUT maxim	1.5
CUT propus	1.35
Regim de înălțime maxim	P+4+ER / P+5
Suprafață construită la sol	9.380 m^2
Suprafață desfășurată	54.335 m^2
Suprafață spații verzi	6.673 m^2 (14.99%)
Suprafață drumuri publice	5.153 m^2 (11.58%)
Suprafață parcaje	14.933 m^2 (33.55%)
Suprafață alei pietonale	6.970 (15.66%)
Nr. total de apartamente	694
Nr. de parcări	685
Nr. total de blocuri	18

6.1.3. PROIECTAREA UNOR SOLUȚII ALTERNATIVE FOLOSIND PLATFORMELE DE PROIECTARE GENERATIVĂ

După configurarea sistemului decizional fuzzy și identificarea ansamblului rezidențial ce a fost utilizat pentru studiu de caz, au fost generate, analizate și evaluate atât variantele propuse, cât și proiectul real. Această metodologie este reprezentată schematic în *Figura 6.11*.



Figura 6.11. *Metodologia utilizată pentru generarea, analizarea și evaluarea soluțiilor.*

Platformele de proiectare utilizate pentru realizarea studiilor de caz

Pentru realizarea studiilor de caz au fost utilizate următoarele două platforme: StrateGIS 3D City Planner pentru generarea automată a soluțiilor și Autodesk Forma pentru realizarea analizelor de mediu. Nu a putut fi utilizată o singură platformă, deoarece 3D City Planner nu are funcții de analiză de mediu, iar funcțiile de proiectare generativă incluse în platforma Autodesk Forma îi oferă proiectantului foarte puține posibilități de configurare a soluțiilor generate. Acest lucru se datorează faptului că aceste funcții au fost lansate doar la finalul anului 2023 și sunt încă în curs de dezvoltare. Totodată, soluțiile generate de această platformă sunt mai degrabă specifice dezvoltărilor urbane din marile orașe vestice, unde costul ridicat al terenurilor a determinat o creștere a densității construcțiilor. Astfel, în lipsa mai multor parametri care să permită configurarea soluțiilor generate, ar fi rezultat soluții ce nu ar fi putut fi utilizate fără să fie modificate manual substanțial.

Generarea automată a soluțiilor

Platforma 3D City Planner generează automat 25 de variante detaliate de ocupare a terenului ce conțin construcții, circulații auto și pietonale, dar și spații verzi. În cazul în care niciuna din soluțiile generate nu are un grad de utilizare a terenului satisfăcător sau în cazul în care modul de amplasare a construcțiilor pe parcelă este necorespunzător proiectantul are posibilitatea să genereze noi serii de câte 25 de variante, păstrând aceiași parametri sau modificând acei parametri care consideră că au determinat generarea unor soluții nesatisfăcătoare. Proiectantul poate configura următorii parametri pentru a rafina soluțiile generate de platformă:

- tipul de parcelare;
- tipul de construcții (izolate, cuplate, înșiruite sau colective);
- retrageri;
- dimensiunea construcțiilor (lățime, adâncime, număr de etaje, suprafață construită maximă / apartament);
- forma acoperișului;
- distribuția funcțională (procentajul ocupat de fiecare funcțiune în clădire);
- necesarul de parcări pe apartament și/sau pe 100 m^2 de funcțiuni complementare locuirii;
- circulația auto (tipul de profil stradal utilizat pentru străzile principale și secundare, principiul de aliniere a străzilor și densitatea acestora);
- alte dotări ale terenului (spații verzi și spații de parcare);
- costuri (achiziție, demolare, pregătire teren, amenajare teren);

Pentru a genera soluțiile, platforma prelucrează acești parametri folosind anumiți algoritmi predefiniți ce nu pot fi accesați și nu pot fi configurați de proiectant. Acest lucru a

ușurat procesul de generare a soluțiilor, însă a limitat controlul cu privire la soluțiile generate. Acest mod de funcționare a platformei a făcut ca o parte semnificativă din soluțiile generate să fie inutilizabile, deoarece conțineau clădiri suprapuse, clădiri ce depășeau limita de proprietate sau aveau un grad de utilizare a terenului foarte mic.

Evaluarea preliminară a soluțiilor generate automat

Pentru fiecare propunere volumetrică de utilizare a terenului platforma a calculat automat și datele care au permis evaluarea ei cantitativă și economică. Printre datele calculate de platformă se numără:

- bilanțul teritorial care prezintă modul de utilizare a terenului (suprafețe desfășurate, CUT – Coeficient de Utilizare a Terenului, suprafețe și procente pentru loturi construibile, spații verzi, apă, infrastructură, parcări);
- indicatori pentru evaluarea spațiilor rezidențiale (suprafață, număr de apartamente, suprafață construită medie/apartament, număr de case/ha și modul de distribuire a apartamentelor în funcție de destinație);
- indicatori pentru evaluarea parcărilor (suprafață parcări, numărul necesar de parcări, numărul de parcări propuse și balanța parcărilor ce ajută la stabilirea deficitului sau excedentului de parcări în procente);
- indicatori pentru evaluarea spațiilor nerezidențiale (suprafață și procente pentru spații de birouri, comerț, servicii și alte funcțiuni);
- indicatori economici (estimări pentru costul total, costul amenajării terenului, venituri și profit);

Pentru evaluarea soluțiilor generate au fost utilizați toți indicatorii menționați anterior cu excepția indicatorilor economici. Acești indicatori nu au fost incluși în analiză, deoarece ei sunt obținuți prin înmulțirea indicatorilor cantitativi cu diferite venituri sau cheltuieli stabilite de dezvoltator sau proiectant și nu țin cont de alți parametri calitativi care pot influența prețul. În urma studiilor de piață prezentate în Capitolul 5 a fost identificat faptul că majoritatea oamenilor (88.6%) sunt dispuși să plătească suplimentar pentru un apartament care beneficiază de condițiile pe care le consideră importante. Așadar, simpla înmulțire a unei suprafețe cu un cost și venit exclude total posibilitatea obținerii unui profit suplimentar ca urmare a ajustării prețului în funcție de diferiți parametri calitativi pe care beneficiarii îi consideră importanți.

Selectarea celor trei variante care au fost editate manual s-a bazat cel mai mult însă pe valoarea CUT-ului și a suprafeței desfășurate totale. S-a urmărit ca pentru cei doi indicatori valorile să fie cu cel mult 10% mai mari sau mai mici față de valorile maxime admise (1.35-1.50 în cazul CUT-ului și 54.118 – 60.132 m^2 în cazul suprafeței desfășurate). Mai apoi s-a dorit ca soluțiile generate să fie cât mai diferite pentru a studia performanța mai multor

modalități de ocupare a terenului. Nu în ultimul rând au fost căutate soluțiile care să ofere cât mai multor apartamente vedere spre spații verzi.

Editarea manuală a soluțiilor și evaluarea cantitativă finală

Toate soluțiile generate de platformă au fost editate manuel deoarece platforma 3D City Planner nu oferă posibilitatea configurării unei limite în ceea ce privește procentul de ocupare a terenului (POT), nu generează automat soluții cu etaje retrase, iar soluțiile generate conțin diferite anomalii. Editarea manuală a implicat în principal repararea anumitor anomalii cum ar fi ștergerea corpurilor de clădire mult prea apropiate, reducerea POT-ului, adăugarea etajelor retrase, adăugarea elementelor ce nu au fost generate automat de platformă, cum sunt spațiile verzi și parcările dispuse spre zona de protecție dinspre cimitir și modificarea funcțiunilor de la nivelul parterului, astfel încât suprafețele ocupate de funcțiunile comerciale și de dotările de cartier să se apropie cât mai mult de cele din proiectul real.

Tot procesul de generare automată a soluțiilor și de editare manuală a acestora a decurs foarte rapid datorită interfeței intuitive a programului. Cele trei variante au fost generate și editate în mai puțin de cinci ore.

Varianta 1 (*Figura 6.12*) a plecat de la o serie de lame paralele ce au latura lungă orientată nord-sud, respectiv spre cimitir și spre strada Ceyrat. În urma ajustării soluției lamele lungi au fost păstrate doar pe contur pentru a rezolva problemele de umbrire și pentru a crea o incintă verde spre care sunt orientate o mare parte din apartamente.

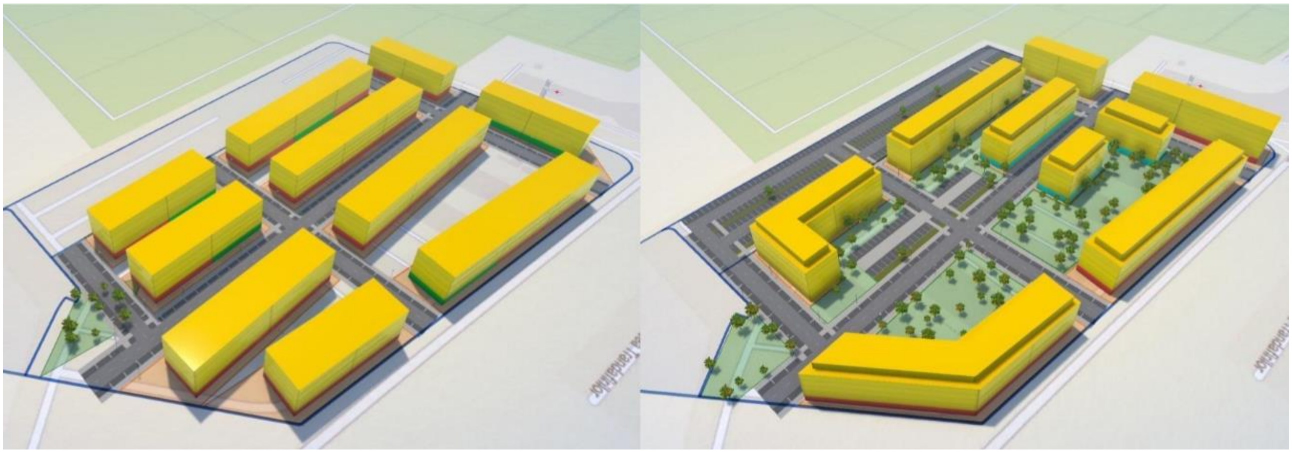


Figura 6.12. ***Varianta 1 generată automat de platformă (stânga) și editată manual (dreapta)***

În varianta 2 (*Figura 6.13*) pe partea dinspre cimitir a sitului a fost a fost dispus un șir de lame cu latura lungă orientată est-vest, respectiv perpendiculară pe str. Ceyrat. Totodată, a fost dispusă o lamă orientată nord-sud spre str. Ceyrat (paralelă cu strada). În urma editării soluției au fost eliminate 3 corpuri de clădire pentru a genera spații verzi și parcări, iar lama situată pe latura nord-estică (jos) a fost aliniată cu str. Ceyrat.



Figura 6.13. ***Varianta 2 generată automat de platformă (stânga) și editată manual (dreapta)***

Varianta 3 (*Figura 6.14*) este asemănătoare cu varianta 2, însă lamele ce au latura lungă cu orientare est-vest au fost dispuse spre str. Ceyrat, iar pe partea opusă au fost dispuse lamele cu orientare nord-sud. Prin procesul de editare manuală a soluției au fost eliminate două corpuri de clădire, a fost rotit unul dintre corpurile situate în zona centrală a ansamblului și au fost prelungite corpurile existente pe extremitățile estice (stânga) și vestice (dreapta) ale parcelei. Aceste modificări au avut ca obiectiv principal crearea unei zone verzi în centrul cartierului, unde au fost amplasate și corpurile de clădire care găzduiesc funcțiunile educaționale la parter.

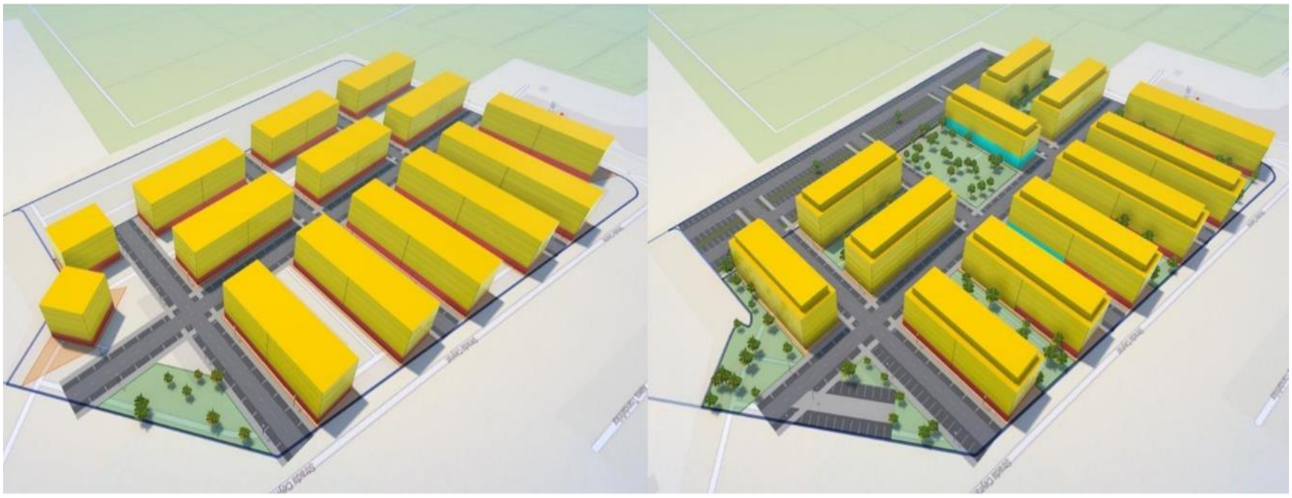


Figura 6.14. ***Varianta 3 generată automat de platformă (stânga) și editată manual (dreapta)***

În tabelul Tabelul 6.6 sunt prezentați principalii indicatori urbanistici ce descriu cele trei variante de dispunere a construcțiilor pe teren. Se poate observa că între variantele propuse există diferențe relativ mici și că toate au reușit să se apropie de coeficienții urbanistici maximi. Astfel soluțiile au putut fi considerate corespunzătoare din punct de vedere cantitativ, iar experimentul a putut trece la etapa de realizare a analizelor de mediu pentru evaluarea calității soluțiilor.

Tabelul 6.6 – Principalii indicatori ce descriu cele trei variante de dispunere a construcțiilor pe teren

Indicatori urbanistici	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Suprafață construită la sol	10.021 m²	9.933 m²	10.003 m²
Suprafață desfășurată	58.878 m²	57.823 m²	52.220 m²
Suprafață zonă rezidențială	53.042 m²	52.373 m²	52.873 m²
Suprafață zonă comercială	3.686 m²	3.708 m²	3.397 m²
Suprafață zonă dotări	2.150 m²	1.743 m²	1.905 m²
POT (25% maxim)	25.00 %	24.78 %	24.95 %
CUT (1.5 maxim)	1.47	1.44	1.45
Spații verzi	23.98 %	21.97 %	21.97 %
Nr. parcări	701	684	699

Calcularea numărului de apartamente

Spre deosebire de alte platforme studiate în această lucrare, platforma 3D City Planner nu generează automat, în aceeași etapă, soluții care să conțină atât modul de amplasare a construcțiilor pe teren, cât și modul de împărțire a acestor construcții în apartamente în funcție de anumiți parametri prestabiliți de proiectant. În cazul acestei platforme împărțirea construcțiilor în apartamente se realizează tot automat, dar într-o etapă ulterioară generării soluției privind amplasarea construcțiilor pe teren. Acest proces trebuie efectuat pentru fiecare clădire în parte și constă în definirea tipului de circulație interioară (automat, simplu tract, dublu tract sau turn), a tipurilor de apartamente, a funcțiunilor de la parterul construcției, a tipurilor de balcoane, a parcării subterane, a costurilor, dar și a altor parametri ce au o importanță mai redusă. Această abordare îi oferă proiectantului un control mai ridicat cu privire la configurația soluțiilor generate, însă implică mai mult efort decât cel depus în cazul platformelor care generează într-un singur pas soluții ce conțin atât amplasarea construcțiilor pe teren, cât și organizarea interioară a construcțiilor. Un alt dezavantaj al acestei abordări îl reprezintă faptul că atingerea indicatorilor de performanță impuși de investitor cu privire la procentul care trebuie să existe din fiecare tip de apartament implică un proces de tip ”trial and error”, iar dacă investitorul hotărăște să schimbe aceste procente proiectantul trebuie să ajusteze manual soluția. Modul în care este împărțită o construcție în mai multe apartamente poate fi observat în *Figura 6.15*.

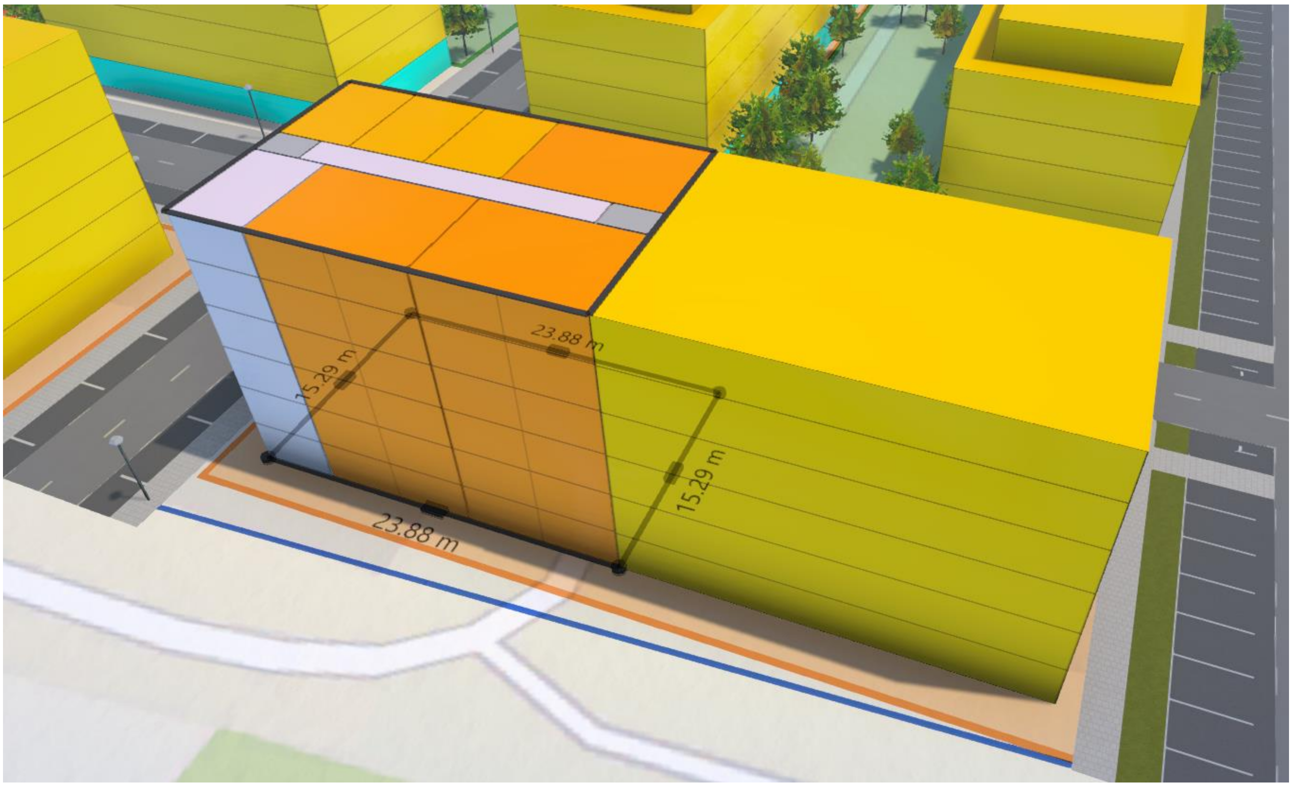


Figura 6.15. ***Construcție împărțită automat în apartamente de diferite mărimi (stânga) și construcție neîmpărțită în apartamente (dreapta).***

Trebuie menționat faptul că platforma 3D City Planner calculează în etapa în care generează soluția pentru amplasarea construcțiilor pe teren un număr estimativ de apartamente, în funcție de suprafața rezidențială totală a construcțiilor și de o suprafață medie definită de proiectant. Această valoare ajută la o evaluare preliminară a soluțiilor, însă pentru un investitor este important să asigure un anumit număr de apartamente din fiecare tip, motiv pentru care determinarea numărului de apartamente a fost realizata manual folosind calcule matematice.

Determinarea numărului de apartamente a constat în parcurgerea următoarelor etape:

1. Determinarea suprafeței ocupate de circulații;
2. Determinarea suprafeței ocupate de apartamente;
3. Determinarea ponderii pe care o ocupă fiecare tip de apartament;
4. Determinarea suprafeței ocupate de fiecare tip de apartament în parte;
5. Determinarea numărului de apartamente din fiecare tip și a numărului total de apartamente;

Pentru a determina suprafața ocupată de apartamente a fost necesară scăderea suprafețelor ocupate de circulații din suprafața desfășurată totală. Statisticile demonstrează faptul că în general circulațiile ocupă între 10 și 15% din suprafața unei construcții de locuit. Pentru a valida aceste statistici au fost verificate planurile a trei construcții existente pe terenul studiat, deoarece acestea se apropie de configurația construcțiilor generate automat

de platforma de proiectare. Rezultatele acestei analize au fost centralizate în *Tabelul 6.7*. În urma acestei analize s-a constatat că în cazul construcțiilor studiate circulațiile ocupă în medie 11.02% din suprafața construită a unui etaj curent. Având în vedere că pe lângă aceste suprafețe la parterul blocului mai pot exista și anumite spații tehnice sau administrative, s-a hotărât ca ele să fie incluse în suprafețele alocate circulațiilor și tuturor acestor spații să le fie alocați 12.5% din suprafața ocupată de zona rezidențială.

Tabelul 6.7. ***Procentul ocupat de circulațiile comune din locuințele colective.***

Bloc	Suprafață construită etaj curent	Suprafață circulații etaj curent	% Circulații etaj curent
Bloc WR1	657,50 m²	74,87 m²	11,39%
Bloc WR5	529,62 m²	54,07 m²	10,21%
Bloc WR7	532,34 m²	61,10 m²	11,48%
MEDIE	**573,15 m²**	**63,35 m²**	**11,02%**

Aplicând procentele stabilite în urma analizei au rezultat suprafețele centralizate în *Tabelul 6.8*.

Tabelul 6.8. ***Suprafețele ocupate de circulații și apartamente în variantele propuse.***

Suprafețe		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Suprafață zonă rezidențială	100%	53.042 m²	52.372 m²	52.873 m²
Suprafață zonă circulații	12.5%	6.630 m²	6.547 m²	6.609 m²
Suprafață totală apartamente	87.5%	46.412 m²	45.825 m²	46.264 m²

Următorul pas a fost determinarea ponderii pe care o ocupă fiecare tip de apartament. În cazul unei investiții reale această pondere este stabilită de investitor, având ca bază experiența sau un studiu de piață care să demonstreze ce tip de apartamente sunt căutate pe piață. În cazul de față, neavând acces la niciuna din aceste surse, s-a apelat la analizarea proiectului real. După analizarea a șapte blocuri s-a ajuns la concluzia că în locuințele colective majoritatea apartamentelor sunt cu două camere, 69.64% dintre apartamente fiind de acest tip, 27.50% dintre apartamente fiind cu trei camere și doar 2.86% dintre apartamente fiind de tip studio. Rezultatele obținute în urma acestei analize au fost centralizate în *Tabelul 6.9*.

Tabelul 6.9. ***Procentul ocupat de diferite tipuri de apartamente în locuințele colective existente pe amplasamentul studiat.***

Bloc	Studio		Două camere		Trei camere	
	Nr.	%	Nr	%	Nr	%
Bloc WR1	2	19%	5	48%	3	33%
Bloc WR4	0	0%	5	62.5%	3	37.5%
Bloc WR8	0	0%	9	100%	0	0%
Bloc WR9	0	0%	6	75%	2	25%
Bloc WR10	0	0%	4	50%	4	50%
Bloc WR12	0	0%	6	75%	2	25%
Bloc WR13	0	0%	6	75%	2	25%
MEDIE	**-**	**2.71%**	**-**	**69.36%**	**-**	**27.9%**

În urma analizării rezultatelor obținute s-a stabilit ca 70% din apartamente să fie cu două camere, 25% cu trei camere și 5% cu o singură cameră. Pentru a determina suprafața totală ocupată de fiecare tip de apartament a fost înmulțită suprafața totală ocupată de apartamente cu procentajul aferent fiecărui tip de apartament. Ulterior numărul de apartamente din fiecare tip a fost determinat prin împărțirea suprafeței totale ocupate de fiecare tip de apartament, la suprafața unui apartament de tipul respectiv folosind Ecuația 5.1.

$$N_{ap.\ tip\ 1} = \frac{S_{T\ ap.\ tip\ 1}}{S_{ap.\ tip\ 1}} \quad (5.1)$$

$N_{ap.\ tip\ 1} - Număr\ de\ apartamente\ de\ tip\ 1$

$S_{T\ ap.\ tip\ 1} - Supraf.totală\ ocupată\ de\ apartamente\ de\ tip\ 1$

$S_{ap.\ tip\ 1} - Suprafața\ unui\ apartament\ de\ tip\ 1$

Suprafața alocată fiecărui tip de apartament a fost stabilită conform cerințelor din Legea Locuinței, ce prevede că un apartament cu o cameră trebuie să aibă o suprafață construită de 58 de m^2, un apartament cu două camere o suprafață construită de 81 m^2, iar un apartament cu 3 camere, o suprafață de 102 m^2 (Legea 114, 1996). Suprafața totală alocată fiecărui tip de apartament și numărul de apartamente rezultat pot fi observate în *Tabelul 6.10*.

Tabelul 6.10. ***Suprafețele și numărul de apartamente din fiecare tip pentru fiecare variantă studiată.***

Tip apartament	Supraf.	%	Supraf./ Nr ap	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Apartamente cu o cameră	58 m²	5%	Suprafață	2.321 m²	2.291 m²	2.313 m²
			Nr. ap.	40	40	40
Apartamente cu două cameră	81 m²	70%	Suprafață	32.488 m²	32.078 m²	32.385 m²
			Nr. ap.	401	396	400
Apartamente cu trei camere	102 m²	25%	Suprafață	11.603 m²	11.456 m²	11.566 m²
			Nr. ap.	114	112	113
NR. TOTAL DE APARTAMENTE				**555**	**548**	**553**

6.1.4. REALIZAREA ANALIZELOR NECESARE PENTRU EVALUAREA CALITATIVĂ ȘI CANTITATIVĂ A PROIECTELOR

Platforma utilizată pentru realizarea analizelor

Pentru realizarea analizelor de mediu și sustenabilitate a fost aleasă platforma Autodesk Forma, deoarece conține funcțiuni pentru ambele tipuri de analize și a obținut scorul cel mai ridicat pentru acest tip de funcțiuni, în urma evaluării realizate și descrise în Capitolul 4. Totodată, această platformă a putut fi utilizată gratuit, deoarece dezvoltatorul ei oferă licențe educaționale gratuite cadrelor didactice și studenților. Un alt aspect important ce face această platformă să se diferențieze față de platformele specializate în realizarea analizelor, este faptul că ea este concepută pentru a fi utilizată în etapele incipiente ale proiectului, când nu sunt stabilite foarte multe detalii ale proiectului. Astfel Autodesk Forma are capacitatea să genereze rapid și ușor analize, fără a solicita proiectantului să configureze o mulțime de parametri pentru a putea genera analizele.

Platforma Autodesk Forma oferă posibilitatea realizării următoarelor tipuri de analize:

- analiza duratei de însorire;
- analiza potențialului de însorire;
- analiza vânturilor;
- analiza microclimatului;
- analiza de zgomot;
- analiză pentru determinarea energiei solare;
- analiză pentru evaluarea amprentei de carbon;

Pentru evaluarea variantelor propuse au fost realizate analizele privind durata de însorire, analizele de zgomot și cele pentru evaluarea amprentei de carbon. Rezultatele acestor analize au fost integrate și în sistemul decizional bazat pe logica fuzzy.

Transferarea proiectului între cele două platforme

Faptul că platforma 3D Cityplanner a obținut cel mai mic scor la funcțiile de interoperabilitate s-a dovedit a fi foarte justificat în momentul în care proiectul a trebuit transferat din această platformă, în platforma Autodesk Forma pentru realizarea analizelor. Din platforma 3D Cityplanner proiectul 3D a putut fi exportat doar în formatul .gltf (Graphics Library Transmission Format), ce este un format utilizat mai rar în domeniul construcțiilor și prin urmare, este acceptat și poate fi importat de foarte puține programe de proiectare. Având în vedere faptul că platforma Autodesk Forma nu acceptă acest format și acceptă doar formatul .obj, a fost necesară utilizarea unui program de conversie online care să transforme fișierul .gltf în .obj.

În urma încărcării modelelor 3D în platforma Autodesk Forma s-a ajuns la concluzia că proiectele vor trebui remodelate manual în această platformă, deoarece Autodesk Forma nu recunoștea volumetriile importate ca fiind construcții, iar pentru evaluarea carbonului înglobat acest aspect era necesar. Cu toate că procesul de remodelare a decurs foarte ușor și rapid, datorită modului în care sunt gândite funcțiile de editare manuală ale platformei, acest efort suplimentar și pierderile generate de acesta ar fi putut fi evitate dacă dezvoltatorii ambelor platforme ar fi depus eforturi în vederea creșterii interoperabilității cu alte programe utilizate în domeniul construcțiilor, oferind posibilitatea exportării proiectelor în formate standard utilizate în acest domeniu cum este .ifc. Utilizarea unui astfel de format ar fi făcut ca proiectul importat în Autodesk Forma să conțină pe lângă modelul 3D și atributele sau metadatele definite în 3D CityPlanner.

Analiza pentru evaluarea duratei de însorire

Platforma utilizată pentru realizarea studiilor de însorire utilizează teoria Bretagnon VSOP87 pentru stabilirea poziției soarelui în fiecare moment și locație (Autodesk, 2024). Având în vedere faptul că proiectul este georeferențiat în momentul în care este încărcat în platformă, nu sunt necesare configurări pentru localizarea proiectului. Singurul parametru pe care trebuie să îl configureze proiectantul pentru a genera un studiu de însorire este data la care se dorește să fie efectuată analiza.

S-a stabilit ca studiile de însorire să fie realizate la data de 21 decembrie, când este solstițiul de iarnă, deoarece normele de sănătate publică impun ca la această dată să fie asigurată o oră și jumătate de lumină naturală în încăperile de locuit (OMS 119, 2014). Astfel prin studiul de însorire s-a dorit să se afle **ce procent din fațade beneficiază de peste două ore de lumină la solstițiul de iarnă.**

Studiul de însorire a fost generat automat atât pentru construcții, cât și pentru teren, dar având în vedere faptul că prevederile legii fac referire exclusiv la spațiile de locuit, s-a luat decizia ca în modelul decizional să fie utilizate doar datele cu privire la construcții. În

cazul construcțiilor platforma a generat statistici cu privire la fațade și acoperiș. Pentru a determina valorile de însorire pentru întreaga anvelopă au fost cumulate valorile pentru cele două elemente. În *Tabelul 6.11* au fost centralizate suprafețele pentru anvelopă, acoperiș și fațade pentru fiecare variantă studiată.

Tabelul 6.11. ***Suprafața anvelopei, acoperișurilor și a fațadei.***

Variantă proiect	Suprafață anvelopă	Suprafață acoperiș	Suprafață fațade
Proiect real	36.513 m²	9.950 m²	26.563 m²
Variantă propusă 1	37.010 m²	10.016 m²	26.994 m²
Variantă propusă 2	38.165 m²	9.935 m²	28.230 m²
Variantă propusă 3	38.660 m²	10.002 m²	28.658 m²

În studiile de însorire efectuate în această platformă zonele ce beneficiază de foarte puțină lumină (0 ore) sunt reprezentate cu violet închis în timp ce zonele de beneficiază de foarte multă lumină (8-9 ore) sunt reprezentate cu galben intens, iar valorile intermediare dintre cele două extremități sunt reprezentate printr-un degrade între cele două culori. În cazul proiectului real, ce este prezentat în *Figura 6.16*, studiul de însorire a relevat faptul că lamele ce au laturile lungi orientate nord-sud au o fațadă lungă în permanență umbrită, motiv pentru care acele fațade nu beneficiază de lumina impusă de legislație la solstițiul de iarnă. De asemenea, această orientare a respectivelor construcții determină pe teren zone ce sunt umbrite pe toată durata zilei.

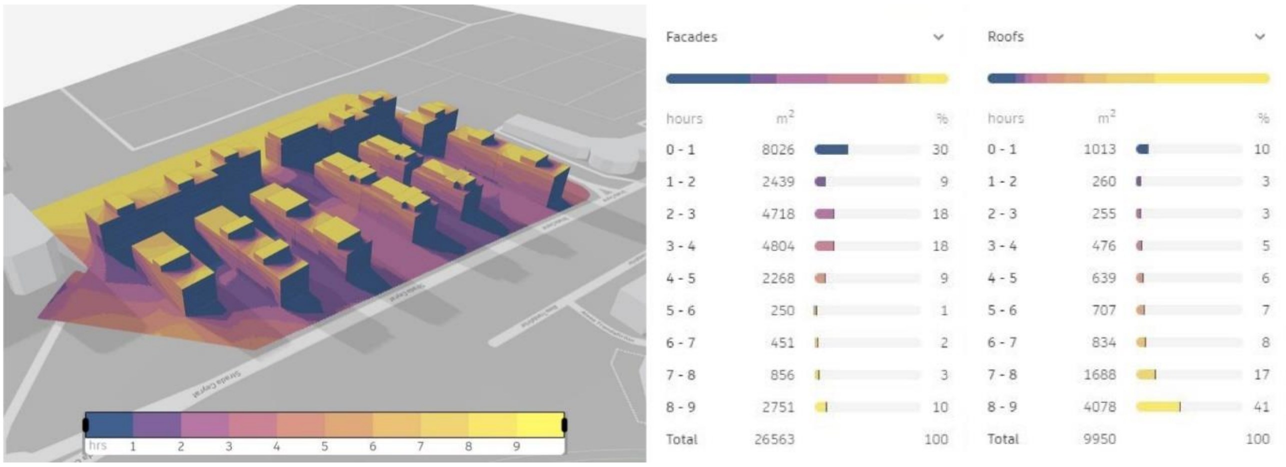


Figura 6.16. ***Studiul de însorire efectuat pentru proiectul real. În dreapta se pot observa statisticile cu privire la însorirea fațadelor și acoperișurilor.***

Prin studiul de însorire efectuat pe prima variantă propusă (*Figura 6.17*) se poate observa, din nou, faptul că existența unor lame foarte lungi, ce au latura lungă orientată nord-sud, face ca suprafețe întinse din fațade și teren să fie umbrite în permanență la solstițiul de iarnă.

Faptul că această variantă are cele mai lungi fațade cu orientare nord-sud a determinat într-un final ca ea să aibă cel mai mic procent de fațade care respectă reglementările privind nivelul de însorire, doar 56% din fațade beneficiind de peste 2 ore de lumină la solstițiul de iarnă.

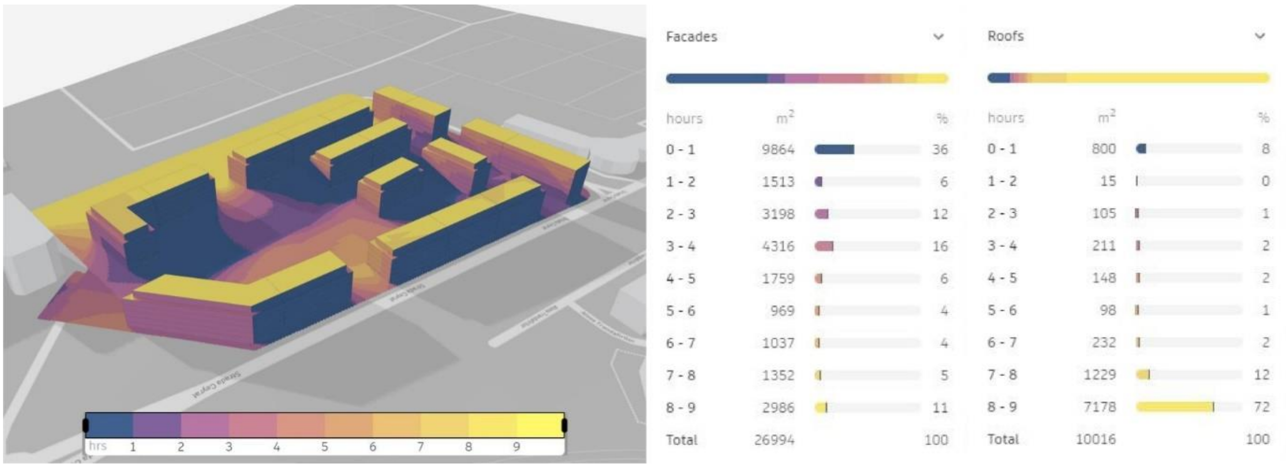


Figura 6.17. ***Studiul de însorire efectuat pentru prima variantă propusă. În dreapta se pot observa statisticile cu privire la însorirea fațadelor și acoperișurilor.***

În cazul celei de-a doua propuneri (*Figura 6.18*) se poate observa faptul că amplasarea lamei ce are latura lungă orientată nord-sud pe limita nordică a terenului (jos) și a lamelor ce au laturile lungi orientate est-vest spre sud (sus), a contribuit la reducerea zonelor umbrite de pe fațade și de pe terenul studiat. Astfel, zonele umbrite s-au mutat spre str. Ceyrat. Această strategie de dispunere a construcțiilor pe parcelă s-a demonstrat a fi bună din punct de vedere al însoririi, deoarece 74% din fațade beneficiază de peste două ore de lumină la solstițiul de iarnă.

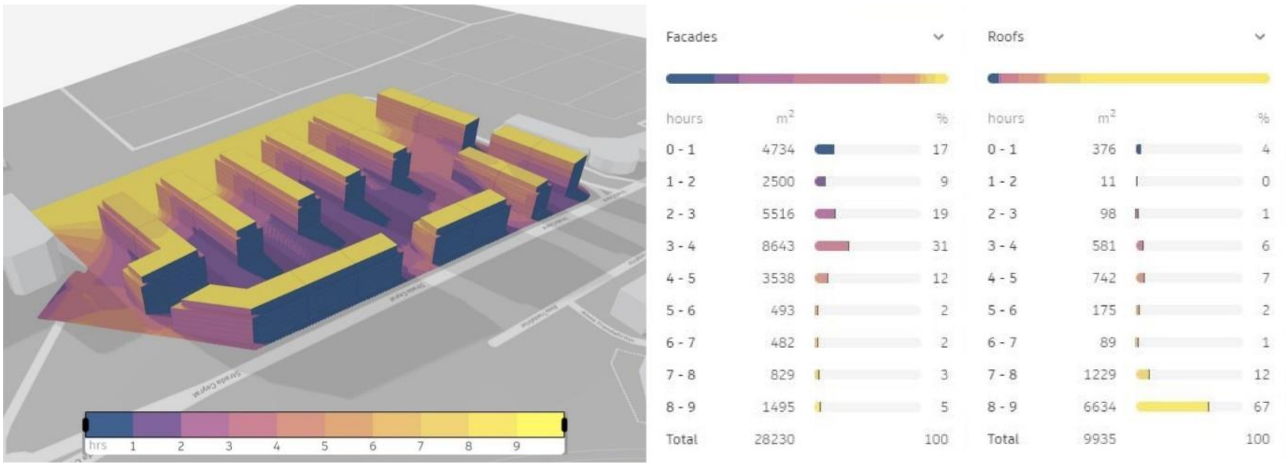


Figura 6.18. ***Studiul de însorire efectuat pentru a doua variantă propusă. În dreapta se pot observa statisticile cu privire la însorirea fațadelor și acoperișurilor.***

În cazul ultimei propuneri (*Figura 6.19*), care este opusul celei de-a doua variante, în ceea ce privește faptul că lamele cu orientare est-vest sunt amplasate spre nord, iar cele cu orientare nord-sud spre sud. Se poate observa faptul că, deși majoritatea corpurilor de clădire au orientare est-vest, existența a doar patru corpuri cu orientare nord-sud spre sud

a determinat ca doar 64% dintre fațade să beneficieze de peste două ore de lumină la solstițiul de iarnă.

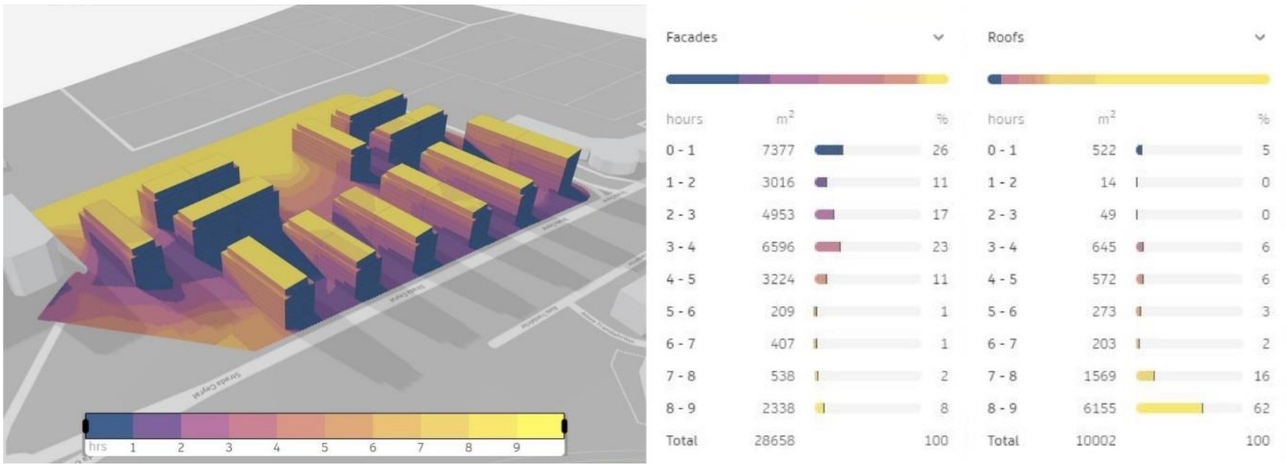


Figura 6.19. ***Studiul de însorire efectuat pentru a treia variantă propusă. În dreapta se pot observa statisticile cu privire la însorirea fațadelor și acoperișurilor.***

Rezultatele obținute de fiecare proiect sunt centralizate în *Tabelul 6.12*. Analizând aceste rezultate putem constata că atât orientarea construcțiilor, cât și poziționarea acestora pe teren în funcție de orientare influențează semnificativ însorirea. Prin urmare, este indicat să fie evitată amplasarea corpurilor de clădire cu laturile lungi orientate nord-sud, iar când condițiile amplasamentului impun o astfel de orientare, să se încerce ca acele corpuri de clădire să fie amplasate astfel încât să umbrească într-o cât mai mică măsură spațiile de locuit.

Tabelul 6.12. ***Suprafețe și procente din anvelopă, acoperiș și fațade ce au asigurate peste două ore de însorire la solstițiul de iarnă.***

Variantă proiect	Elementul construcției					
	Anvelopă		Acoperiș		Fațade	
	m²	%	m²	%	m²	%
Proiect real	24.775	68 %	8.677	87 %	**16.098**	**61 %**
Variantă propusă 1	24.818	67 %	9.201	92 %	**15.617**	**58 %**
Variantă propusă 2	30.544	80 %	9.548	96 %	**20.996**	**74 %**
Variantă propusă 3	27.731	72 %	9.466	95 %	**18.265**	**64 %**

Analiza de zgomot

Calculele realizate de platforma Autodesk Forma pentru producerea analizelor sunt în acord cu Metodele Comune de Evaluare a Zgomotului elaborate de Uniunea Europeană (CNOSSOS-EU – Common Noise aSSessment methOdS in Europe)(Autodesk, 2024). Pentru a fi posibilă realizarea acestor analize de zgomot este necesară definirea proprietăților

dimensionale și de trafic ale căilor rutiere și feroviare. Platforma Autodesk Forma permite efectuarea unor analize în baza cărora poate fi evaluat zgomotul produs de traficul rutier și feroviar. Proprietățile ce trebuie definite în cazul căilor rutiere sunt: lățimea, viteza de deplasare în km/h, traficul mediu zilnic anual (MZA), distribuția traficului pe timpul zilei și volumul de trafic greu ce are loc pe respectiva stradă. În cazul căilor feroviare trebuie definite: lățimea, tipul de vehicul (tramvai sau tren), lungimea acestuia, viteza de deplasare în km/h, traficul mediu zilnic, și distribuția traficului pe timpul zilei.

MZA se determină în mod normal în baza unui studiu de trafic comandat de administrațiile locale. Strada Ceyrat, ce delimitează amplasamentul studiat pe una din laturi nu a fost însă inclusă în studiile pentru întocmirea Hărții de Zgomot a municipiului Oradea, iar normativele din România nu oferă valori orientative cu privire la acest indicator în funcție de categoria de drum. Zgomotul din municipiul Oradea a fost studiat și de un colectiv compus din cadre didactice ale Universității din Oradea, dar nici aceste studii nu au tratat zona studiată în acest proiect (Florin Blaga et al., 2008).

Din aceste motive s-a optat pentru varianta estimării acestor valori utilizând recomandările grupului de lucru al Comisiei Europene pentru evaluarea expunerii la zgomot. Aceste valori au fost preluate și în Planul de prevenire a zgomotului de mediul al Parisului. Astfel pentru str. Ceyrat, ce poate fi asimilată unui drum colector, s-a luat în considerare o valoare a MZA de 1000 de vehicule/zi și o viteză de 50 km/h, iar pentru străzile din interiorul cartierului o valoare MZA de 250 de vehicule/zi și o viteză de 30 km/h (European Commision Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006) (Primăria Paris, 2019).

Pentru distribuția traficului pe timpul zilei au fost preluate datele utilizate și pentru realizarea hărților de zgomot ale municipiului Oradea. Astfel 70% din trafic are loc pe perioada zilei, 20 % seara și 10% noaptea (Bogdan Lazarovici, 2022). Datele utilizate pentru efectuarea analizelor de zgomot au fost centralizate în tabelul *Tabelul 6.13*.

Tabelul 6.13. ***Valorile utilizate pentru configurarea programului de simulare a zgomotului.***

Stradă	**Traficul mediu zilnic**	**Viteza de deplasare**	**Distribuția traficului rutier pe timpul zilei**			**Auto-vehicule grele**
			Zi	**Seară**	**Noapte**	
Strada Ceyrat	1000	50 km/h	70%	20%	10%	5%
Străzi interioare	250	30 km/h	70%	20%	10%	0%

Pentru a ajuta la înțelegerea rezultatelor analizelor de zgomot reiterăm faptul că normele privind sănătatea populației prevăd ca zgomotul nu trebuie să depășească în exteriorul clădirilor de locuit valorile de 55 dB ziua și 45 dB noaptea (OMS 119, 2014).

Platforma Autodesk Forma a generat pentru fiecare variantă analize de zgomot care pot fi vizualizate în funcție de sursa de zgomot (rutier, feroviar, total), momentul zilei (ziua, seara, noaptea, total) sau de elementul proiectului (teren, fațade, acoperiș). În această lucrare este prezentat modelul 3D cu reprezentarea zgomotului total și graficele care prezintă ce procent din fațade este expus la diferite nivele de zgomot în timpul zilei, nopții și în total. În analizele de zgomot sunt reprezentate cu verde zonele expuse unui zgomot în intervalul 0-55 dB, cu galben în intervalul 55 – 65 dB și cu roșu zonele ce depășesc 65 dB. Valorile intermediare din cadrul fiecărui interval sunt reprezentate sub forma unui degrade între culorile menționate anterior.

Analiza realizată pe proiectul real este prezentată în *Figura 6.20*. Această analiză scoate în evidență faptul că dispunerea corpurilor de clădire orientate cu latura scurtă spre Ceyrat, unde se află principala sursă de zgomot, a determinat pătrunderea zgomotului în profunzimea cartierului. Cu toate acestea, dispunerea construcțiilor dinspre str. Ceyrat mai retrase față de stradă a contribuit semnificativ la reducerea zgomotului existent la nivelul fațadelor construcțiilor, motiv pentru care proiectul real este singurul care are reușește să aibă pentru 100% din fațade nivelul zgomotului sub cel admis atât ziua, cât și noaptea, dar și să aibă cel mai mare procentaj din fațade cu un nivel al zgomotului total sub nivelul maxim admis (94%).

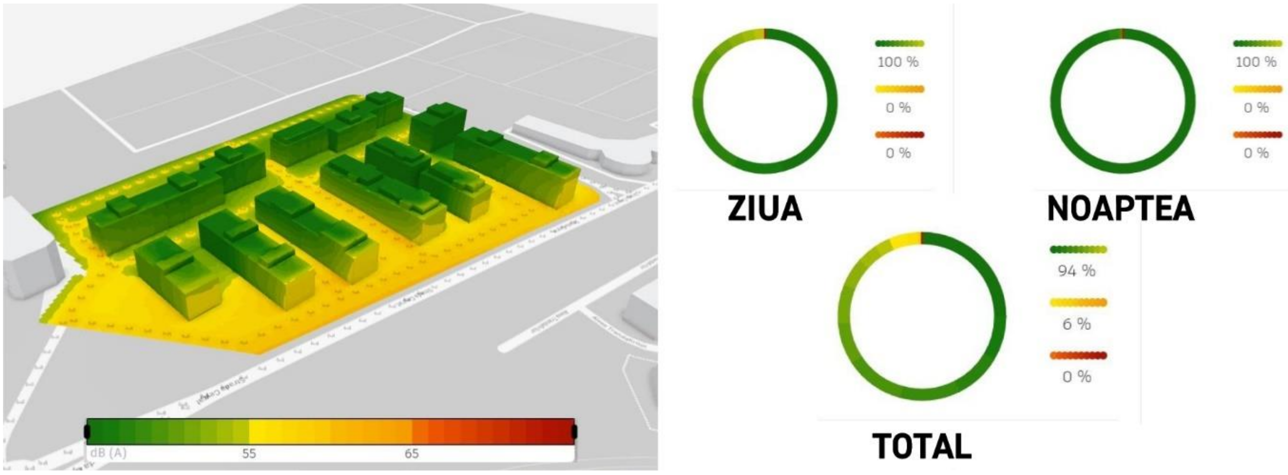


Figura 6.20. ***Analiza de zgomot realizată pe proiectul real. Modelul 3D peste care este suprapusă analiza zgomotului total (stânga) și graficele care prezintă procentajul din fațade ce este expus la diferite nivele de zgomot în diferite momente ale zilei (dreapta).***

Prin analizarea celei de-a doua variante (*Figura 6.21*) putem observa faptul că prin amplasarea unor corpuri ce au latura lungă paralelă cu principala sursă de zgomot a fost împiedicată pătrunderea zgomotului în interiorul ansamblului. Astfel atât curtea interioară, cât și construcțiile amplasate în interiorul parcelei sunt expuse la un nivel mai redus de zgomot. Această soluție a generat însă suprafețe mari de fațadă orientate spre principala sursă de zgomot, iar acest lucru a determinat implicit și suprafețe mari expuse la niveluri

ridicate de zgomot. Din această cauză prima variantă propusă a avut cele mai slabe rezultate în ceea ce privește nivelul zgomotului.

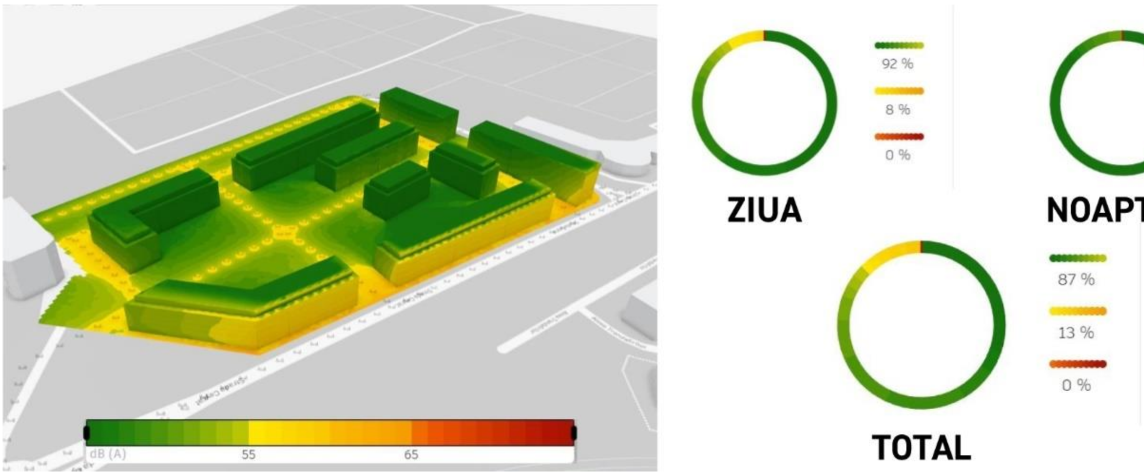


Figura 6.21. ***Analiza de zgomot realizată pe prima variantă propusă. Modelul 3D peste care este suprapusă analiza zgomotului total (stânga) și graficele care prezintă procentajul din fațade ce este expus la diferite nivele de zgomot în diferite momente ale zilei (dreapta).***

A doua variantă propusă (*Figura 6.22*) a obținut rezultate asemănătoare cu prima deoarece cele două variante au în comun existența unor corpuri de clădire lungi, ce au latura lungă paralelă cu principala sursă de zgomot. Această variantă a obținut un rezultat ușor mai bun doar datorită faptului că frontul dinspre strada Ceyrat a fost fragmentat și prin urmare, a rezultat o suprafață mai mică expusă unor niveluri ridicate de zgomot.

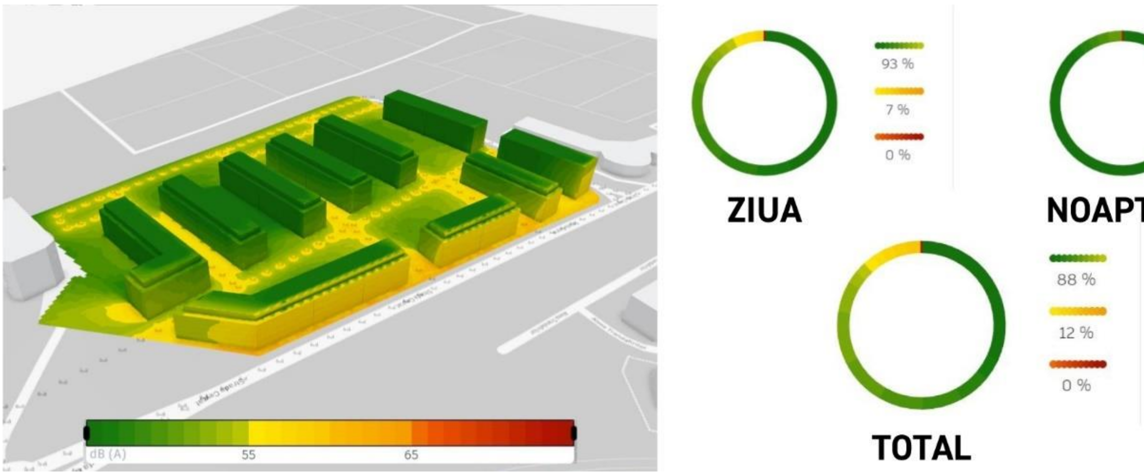


Figura 6.22. ***Analiza de zgomot realizată pe a doua variantă propusă. Modelul 3D peste care este suprapusă analiza zgomotului total (stânga) și graficele care prezintă procentajul din fațade ce este expus la diferite nivele de zgomot în diferite momente ale zilei (dreapta).***

Ultima varianta propusă (*Figura 6.23*) are o configurație apropiată de cea a proiectului real și prin urmare, a obținut rezultate mai apropiate de cele obținute de acel proiect. Implicit zgomotul la nivelul fațadelor este mai redus în cazul acestui proiect decât în cazul celorlalte două propuneri analizate anterior. Spre deosebire de proiectul real, în a treia variantă propusă, corpurile de clădire dinspre strada Ceyrat sunt poziționate la o distanță

mult mai mică de stradă. Acest lucru a determinat ca suprafețe mai mari ale fațadelor să fie expuse unui nivel mai ridicat de zgomot, iar acest lucru a făcut ca doar 96% din suprafața fațadelor să aibă nivelul de zgomot sub limitele maxime în timpul zile și doar 91% în total.

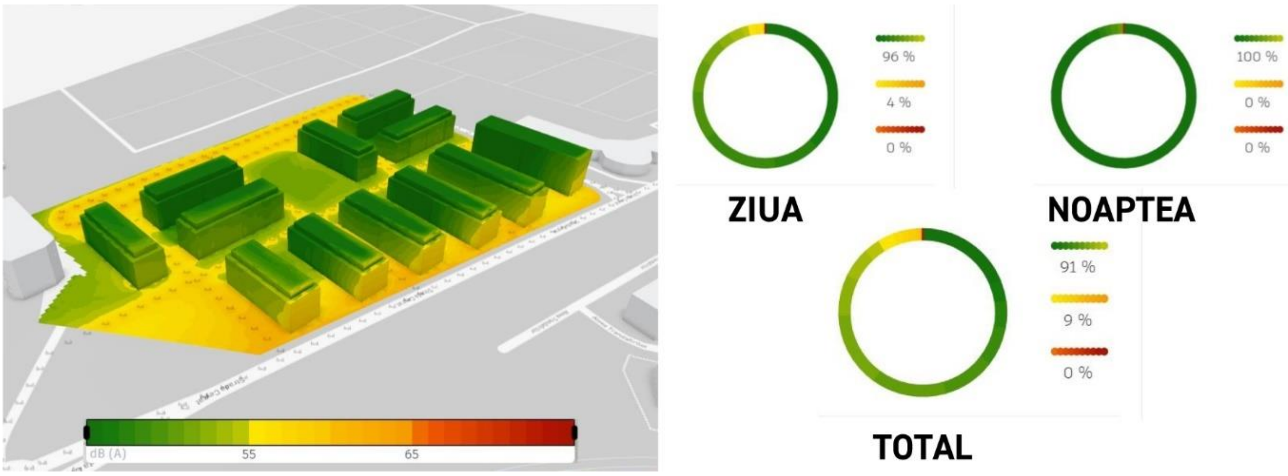


Figura 6.23. ***Analiza de zgomot realizată pe a treia variantă propusă. Modelul 3D peste care este suprapusă analiza zgomotului total (stânga) și graficele care prezintă procentajul din fațade ce este expus la diferite nivele de zgomot în diferite momente ale zilei (dreapta).***

Analizând rezultatele obținute pentru fiecare variantă putem concluziona că toate proiectele au obținut rezultate satisfăcătoare și că pentru a obține un confort acustic superior este indicat ca atunci când condițiile permit asta, să se evite amplasarea construcțiilor cu laturile lungi orientate spre sursele principale de zgomot sau prea apropiate de acestea. Rezultatele obținute pentru fiecare variantă de proiect au fost centralizate în *Tabelul 6.14*.

Tabelul 6.14. ***Procentajele din fațade ce respectă***

Variantă proiect	**Momentul zilei**		
	Ziua (07:00 – 23:00) % Pa < 55 dB	Noaptea (23:00 – 07:00) % Pa < 45 dB	Total % Pa < 55 dB
Proiect real	100 %	100 %	94 %
Variantă propusă 1	92 %	100 %	87 %
Variantă propusă 2	93 %	100 %	88 %
Variantă propusă 3	96 %	100 %	91 %

Analiza pentru evaluarea amprentei de carbon

Valoarea medie pentru amprenta de carbon a fost stabilită în baza studiilor realizate de (Röck Martin et al., 2022) pe 769 de clădiri din Europa. Acest studiu a identificat faptul că etapa de producție (A1-A3) are cea mai mare amprentă de carbon din întregul ciclu de

viață al unei construcții, deoarece în această fază se produc 300 kg CO_2e/m^2, valoare ce reprezintă 56% din cantitatea totală de CO_2 pe care o înglobează o construcție în întregul ciclu de viață. Valorile medii cu privire la amprenta de carbon a fiecărei etape au fost centralizate în *Tabelul 6.15*.

Tabelul 6.15. ***Valorile medii ale amprentei de carbon pentru fiecare etapă din ciclul de viață al clădirii (Röck Martin et al., 2022)***

Indicatori urbanistici	Etapa de producție	Etapa de construire	Etapa de exploatare	Sfârșitul ciclului de viață	
	A1-A3	A4-A5	B1-B4	C1-2	C3-4
Valori absolute	300	40	120	20	60
Valori procentuale	56%	7%	22%	4%	11%

Platforma Autodesk Forma permite evaluare amprentei de carbon pentru etapa de producție (A1-A3) pentru închiderile exterioare, structură, interioare și instalații. Această analiză se generează automat în 5-10 secunde, în urma configurării următorilor parametri: funcțiunea clădirii, structura, închiderile exterioare și procentul de goluri raportat la suprafața fațadei. Ceilalți parametri ce sunt necesari pentru a putea realiza o estimare pentru această analiză complexă sunt predefiniți de către dezvoltatorul platformei folosind anumite valori medii ce au fost stabilite statistic. Aceste valori pot fi vizualizate de către proiectant, însă nu pot fi modificate. Carbonul înglobat de fiecare clădire este evidențiat prin colorarea clădirilor în diferite nuanțe de la galben (200-300 kg $CO2e/m^2$), verde (300-500 kg $CO2e/m^2$), albastru (500-700 kg $CO2e/m^2$) până la violet (700-800 kg $CO2e/m^2$).

În ceea ce privește analiza carbonului înglobat s-a observat faptul că pentru toate variantele au fost obținute rezultate apropiate, deoarece toate variantele conțin construcții ce au același sistem constructiv și aceleași închideri exterioare, iar în ceea ce privește funcțiunile construcțiilor există diferențe nesemnificative. În condițiile în care platforma evaluează doar carbonul înglobat în etapa de producție (A1-A3) este normal ca între soluții să nu apară diferențe semnificative. În *Tabelul 6.16* au fost centralizate rezultatele obținute de fiecare variantă analizată, pentru fiecare element, dar și carbonul înglobat total și carbonul înglobat pe m^2. Rezultatele analizelor pentru fiecare variantă studiată pot fi observate și în *Figura 6.24*.

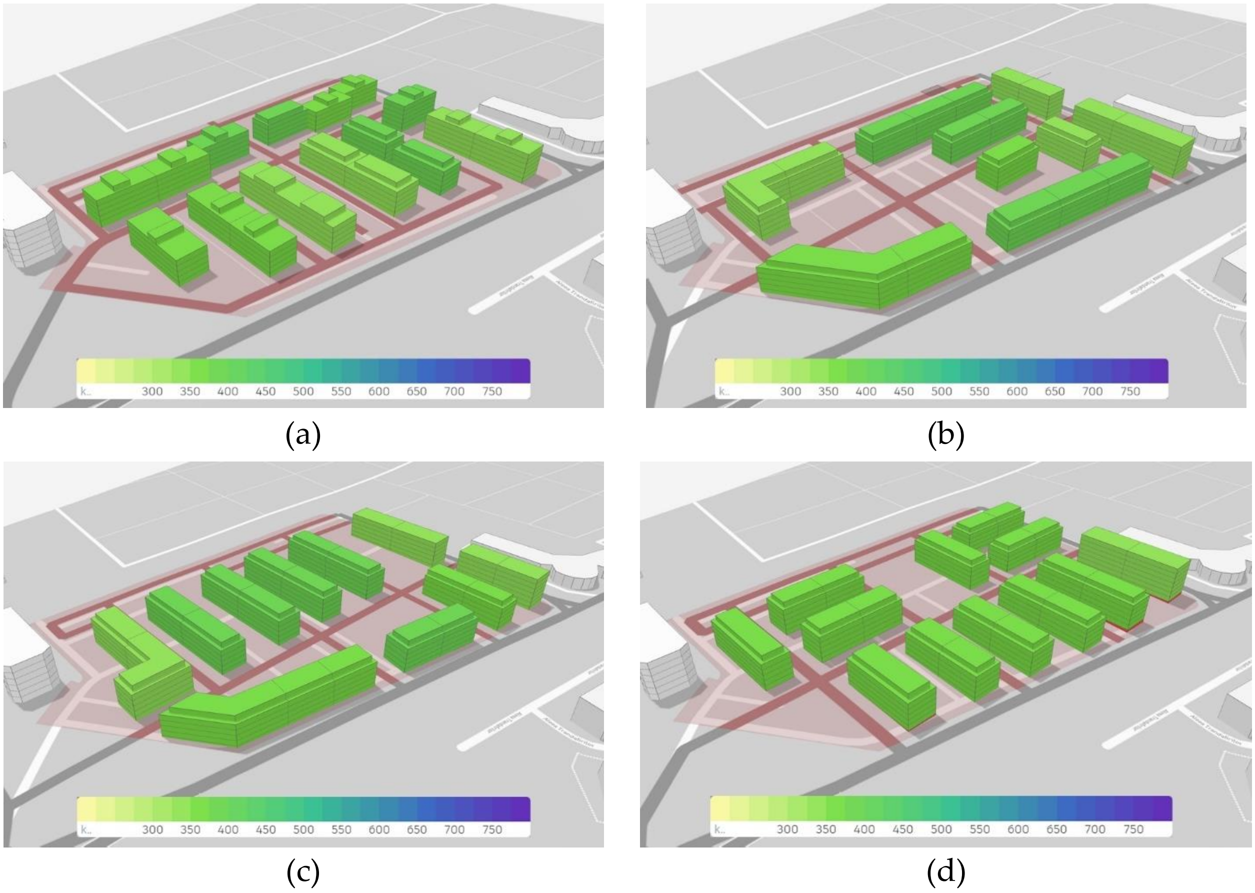


Figura 6.24. *Analiza privind carbonul înglobat pentru proiectul real (a), prima variantă propusă (b), a doua varianta propusă (c) și a treia variantă propusă (d).*

Tabelul 6.16. *Carbonul înglobat în diferite elemente ale construcției pentru variantele studiate*

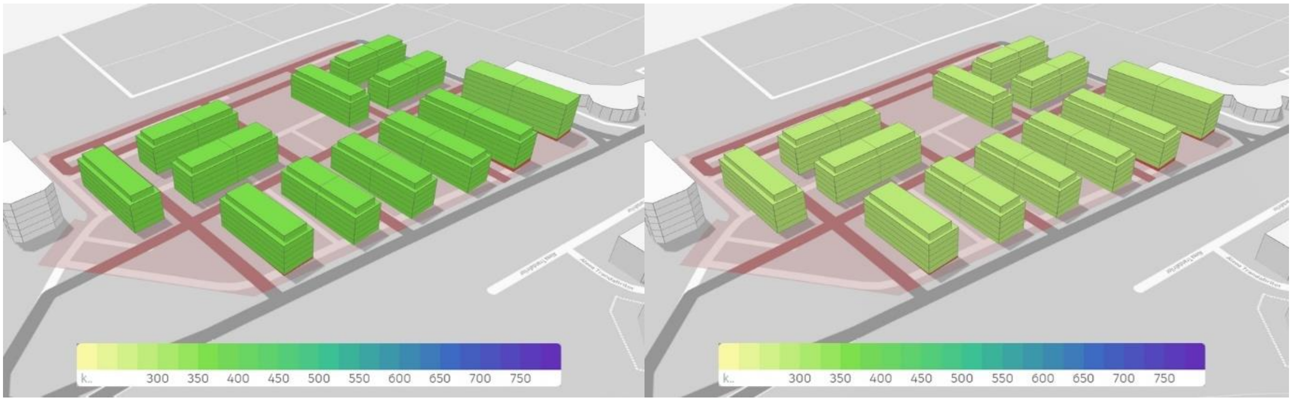
Variantă proiect	Anvelopă	Structură	Interioare	Instalații	Carbon înglobat total	Carbon înglobat / mp
	tCO_2e (%)	tCO_2e (%)	tCO_2e (%)	tCO_2e (%)	tCO_2e	kg CO_2e/m^2
Proiect real	3.500 (19%)	7.630 (41%)	4.240 (23%)	3.220 (17%)	18.600	**358**
Variantă propusă 1	3.550 (17%)	9.440 (44%)	4.820 (22%)	3.650 (17%)	21.450	**364**
Variantă propusă 2	3.610 (18%)	8.430 (41%)	4.730 (23%)	3.590 (18%)	20.350	**352**
Variantă propusă 3	3.620 (17%)	8.750 (42%)	4.760 (23%)	3.610 (17%)	20.740	**356**

În ceea ce privește diferențele dintre soluții, acestea ar fi putut să apară dacă platforma ar fi calculat amprenta de carbon pentru întregul ciclu de viață. În această situație ar fi apărut diferențe din cauza emisiilor de carbon produse în etapa de exploatare. Diferențe importante ar mai fi putut fi determinate de schimbarea sistemelor constructive adoptate. În practica uzuală acest tip de platforme sunt utilizate frecvent pentru conformarea construcției la cerințele de sustenabilitate prin testarea și compararea mai multor sisteme

constructive pe aceeași construcție. Pentru a identifica modul în care poate influența înlocuirea sistemului constructiv carbonul înglobat de o construcție a fost realizat un test pe a treia variantă propusă, ce a implicat înlocuirea sistemului constructiv din beton armat cu un sistem din lemn de tip CLT (Cross Laminated Timber – lemn lamelar încrucișat) sau Glulam. S-a observat faptul că prin schimbarea sistemului structural a fost redusă cantitatea de carbon înglobată în structură cu 51.43%, iar pentru întregul ansamblu carbonul înglobat a fost redus cu 21.70%. Rezultatele au fost centralizate în *Tabelul 6.17* și pot vizualizate pe modelul 3D în *Figura 6.25*.

Tabelul 6.17. ***Compararea carbonului înglobat de construcțiile din varianta 3 dacă se utilizează o structură din beton armat vs. structură din lemn masiv (CLT/Glulam).***

Variantă proiect	**Structură**	**Carbon înglobat structură**	**Carbon înglobat total**	**Carbon înglobat / mp**
	tip	**tCO_2e (%)**	**tCO_2e**	**kg CO_2e/m^2**
Variantă propusă 3	Beton armat	8.750 (42%)	20.740	**356**
Variantă propusă 3	Lemn masiv	4.250 (26%)	16.240	**279**
Diferență	**-**	**-51.43%**	**-21.70%**	**-21.63%**



(a) (b)

Figura 6.25. ***Compararea carbonului înglobat de construcțiile din varianta 3 dacă se utilizează structură din beton armat (a) vs. structură din lemn masiv (b)(CLT/Glulam).***

6.1.5. EVALUAREA PROIECTULUI REAL ȘI A SOLUȚIILOR PROPUSE FOLOSIND SISTEMUL DECIZIONAL FUZZY

Înainte de a începe evaluarea proiectelor, valorile tuturor intrărilor au fost normalizate, astfel încât valoarea acestora să se situeze în intervalul 0 – 100. Valorile minime și maxime au fost stabilite matematic urmând următorii pași:

- A fost calculată suprafața desfășurată minimă și maximă în funcție de indicatorii de performanță stabiliți de investitor și de indicatorii urbanistici (coeficientul de utilizare a terenului). În cazul de față s-a considerat că suprafața desfășurată minimă este cu 10% mai mică decât cea maximă;

- Din cele două suprafețe desfășurate au fost calculate suprafețele minime și maxime ocupate de fiecare zonă funcțională în parte: suprafața zonei rezidențiale, comerciale și cea ocupată de dotări;
- Folosind procedura urmată la finalul Subcapitolului 6.1.3 a fost calculat numărul minim și maxim de apartamente;
- În funcție de numărul minim și maxim de apartamente, de suprafața minimă și maximă a suprafeței ocupate de zonele comerciale și de dotări a fost determinat numărul minim și maxim necesar de parcări;
- Ulterior, la fiecare indicator valoarea minimă a fost micșorată, iar cea maximă a fost majorată cu același procent ce a fost cuprins între 5% și 15%. Procentajele mai mari au fost utilizate la acei parametri care fie aveau valoare foarte mică (suprafața zonelor de dotări și comerț), fie puteau să rezulte valori mult mai mari (numărul de parcări).

În cazul indicatorilor de de zgomot și sunet valorile minime și maxime au fost stabilite empiric în baza experienței.

După normalizarea scorurilor pentru fiecare indicator, scorurile au fost ponderate cu un coeficient ce a fost stabilit în baza analizelor statistice prezentate în Capitolul 5. Valorile normate și ponderate pentru fiecare variabilă de intrare pot fi observate în *Tabelul 6.18*, *Tabelul 6.19*, *Tabelul 6.20*, *Tabelul 6.21*, *Tabelul 6.22*, *Tabelul 6.23*, *Tabelul 6.24* și

Tabelul 6.25.

Tabelul 6.18. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Zgomot".***

Variantă proiect	Zgomot (%)	Zgomot min	Zgomot max	Scor zgomot normalizat	Pondere	Scor zgomot ponderat
Proiect real realizat	94	40	100	0,90	1,20	108
Varianta propusă 1	87			0,78		94
Varianta propusă 2	88			0,80		96
Varianta propusă 3	91			0,85		102

Tabelul 6.19. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Însorire".***

Variantă proiect	Însorire (%)	Însorire min	Însorire max	Scor Însorire normalizat	Pondere	Scor însorire ponderat
Proiect real realizat	61	40	100	0,35	1,20	42
Varianta propusă 1	58			0,30		36
Varianta propusă 2	74			0,57		68
Varianta propusă 3	64			0,40		48

Tabelul 6.20. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "CO^2 Înglobat".***

Variantă proiect	CO^2 înglobat $kgCO_2e/m^2$	CO^2 înglobat min	CO^2 înglobat max	Scor CO^2 înglobat normalizat	Pondere	Scor CO^2 înglobat ponderat
Proiect real realizat	358	300	400	0,58	0,8	46
Varianta propusă 1	364			0,64		51
Varianta propusă 2	352			0,52		42
Varianta propusă 3	356			0,56		45

Tabelul 6.21. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Suprafață zonă rezidențială".***

Variantă proiect	Supraf. rezi. (m^2)	Supraf. rezi. min	Supraf. rezi. max	Scor Supraf. rezi. normalizat	Pondere	Scor Supraf. rezi. ponderat
Proiect real realizat	49.894	46.000	57.000	0,354	1,20	42
Varianta propusă 1	53.042			0,640		77
Varianta propusă 2	52.372			0,579		70
Varianta propusă 3	52.873			0,625		75

Tabelul 6.22. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Suprafață zonă comercială".***

Variantă proiect	Supraf. comerț (m^2)	Supraf. comerț min	Supraf. comerț max	Scor Supraf. comerț normalizat	Pondere	Scor Supraf. comerț ponderat
Proiect real realizat	3.021	2.300	3.500	0,601	1,00	60
Varianta propusă 1	3.686			1,155		116
Varianta propusă 2	3.708			1,173		117
Varianta propusă 3	3.397			0,914		91

Tabelul 6.23. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Suprafață zonă dotări".***

Variantă proiect	Supraf. dotări (m^2)	Supraf. dotări min	Supraf. dotări max	Scor Supraf. dotări normalizat	Pondere	Scor Supraf. dotări ponderat
Proiect real realizat	1.420	1.400	2.100	0,029	0,80	2
Varianta propusă 1	2.150			1,071		86
Varianta propusă 2	1.743			0,490		39
Varianta propusă 3	1.950			0,786		63

Tabelul 6.24. ***Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Număr de apartamente".***

Variantă proiect	Nr. apart. (buc)	Nr. apart. min	Nr. apart. max	Scor Nr. apart. normalizat	Pondere	Scor Nr. apart. ponderat
Proiect real realizat	694	480	600	1,783	1,20	214
Varianta propusă 1	555			0,625		75
Varianta propusă 2	548			0,567		68
Varianta propusă 3	553			0,608		73

Tabelul 6.25. *Normalizarea scorurilor pentru variabila de intrare "Număr de parcări".*

Variantă proiect	Nr. parcări (buc)	Nr. parcări min	Nr. parcări max	Scor Nr. parcări normalizat	Pondere	Scor Nr. parcări ponderat
Proiect real realizat	684	570	700	0,877	0,80	70
Varianta propusă 1	660			0,692		55
Varianta propusă 2	617			0,362		29
Varianta propusă 3	698			0,985		79

După încheierea procesului de ponderare a scorurilor, acestea au fost introduse pe rând în modelul decizional pentru a determina scorurile pentru fiecare variantă și pentru fiecare parametru. Rezultatele obținute pentru fiecare parametru pot fi observate în *Tabelul 6.26*, *Tabelul 6.27*, *Tabelul 6.28*, *Tabelul 6.29*, și *Tabelul 6.30*.

Tabelul 6.26. *Scorurile pentru parametrii de Mediu (Scor_M).*

Variantă proiect	Scor zgomot ponderat	Scor însorire ponderat	Scor CO^2 înglobat ponderat	Scor fuzzy Mediu (Scor_M)
Proiect real	108	42	46	**67,4**
Variantă propusă 1	94	36	51	**64,2**
Variantă propusă 2	96	68	42	**74,7**
Variantă propusă 3	102	48	45	**69,3**

Tabelul 6.27. *Scorurile pentru parametrii de Suprafață (Scor_S).*

Variantă proiect	Scor Supraf. rezi. ponderat	Scor Supraf. comerț ponderat	Scor Supraf. dotări ponderat	Scor fuzzy Supraf. (Scor_S)
Proiect real	42	60	2	**37,2**
Variantă propusă 1	77	116	86	**80**
Variantă propusă 2	70	117	39	**65**
Variantă propusă 3	75	91	63	**71,8**

Tabelul 6.28. *Scorurile pentru parametrii cantitativi (Scor_C).*

Variantă proiect	Scor Nr. apart. ponderat	Scor Nr. parcări ponderat	Scor fuzzy Cantitativ (Scor_C)
Proiect real	214	70	**79,2**
Variantă propusă 1	75	55	**60,7**
Variantă propusă 2	68	29	**38**
Variantă propusă 3	73	79	**70**

Tabelul 6.29. *Scorurile pentru parametrii economici (Scor_Ec).*

Variantă proiect	Scor fuzzy Supraf. (Scor_S)	Scor fuzzy Cantitativ (Scor_C)	Scor fuzzy Economic (Scor_Ec)
Proiect real	37,2	79,2	**59,7**
Variantă propusă 1	80	60,7	**69,2**
Variantă propusă 2	65	38	**51,2**
Variantă propusă 3	71,8	70	**78,4**

Tabelul 6.30. *Scorurile cumulative pentru toate variantele studiate (Scor_Final).*

Variantă proiect	Scor fuzzy Mediu (Scor_M)	Scor fuzzy Economic (Scor_Ec)	Scor fuzzy Final (Scor_Final)
Proiect real	67,4	59,7	**64,7**
Variantă propusă 1	64,2	69,2	**69,9**
Variantă propusă 2	74,7	51,2	**60**
Variantă propusă 3	69,3	78,4	**77.4**

6.1.6. INTERPRETAREA REZULTATELOR OBȚINUTE

Analizând rezultatele obținute putem constata că fiecare variantă a reușit să obțină scorul cel mai bun doar pentru unul dintre criterii. Astfel:

- Proiectul real a obținut scorul cel mai mare pentru indicatorii cantitativi (Scor_C), deoarece respectiva soluție are cel mai mare număr de apartamente (694 de apartamente).
- Varianta propusă 1 a obținut cel mai mare scor pentru indicatorii de suprafață (Scor_S), deoarece respectivul proiect a avut cea mai mare suprafață desfășurată (58.878 m^2).
- Varianta propusă 2 a obținut cel mai mare scor pentru indicatorii de mediu (Scor_M). Această variantă a obținut cele mai bune rezultate în ceea ce privește nivelul de însorire și carbonul înglobat, însă în privința indicatorilor de zgomot au existat variante ce au obținut un scor mai bun.
- Varianta propusă 3 a obținut cel mai mare scor la indicatorii economici (Scor_Ec), chiar dacă nu a obținut cel mai bun scor la niciunul dintre cei doi indicatori care au

determinat scorul Economic, respectiv indicatorii de suprafață (Scor_S) și de cantitate (Scor_C). Acest lucru se datorează faptului că această variantă a reușit să obțină scoruri mari pentru ambii indicatori, chiar dacă nu a obținut scorul cel mai ridicat la niciunul, în timp ce alte soluții au avut unul din scoruri foarte mare și celălalt mic.

Așadar, în cazul de față se poate constata că avem una din cele mai complicate situații ce se poate ivi într-un proces decizional: situația în care există patru variante, patru indicatori de performanță și fiecare soluție a obținut cea mai bună performanță doar pentru unul dintre indicatori. În această situație dificilă și-a demonstrat foarte bine utilitatea sistemul decizional bazat pe logica fuzzy, deoarece a reușit să identifice soluția optimă. Varianta cea mai bună s-a dovedit a fi cea care a obținut scorul cel mai bun doar la unul dintre indicatori, însă a reușit să obțină valori mari și echilibrate și pentru ceilalți trei indicatori. În cazul studiului de caz prezentat în această lucrare această soluție a fost varianta propusă 3 ce a obținut scorul final 77.4. Având în vedere aceste aspecte putem concluziona că sistemul decizional este funcțional și poate asista factorul decident în procesul decizional chiar și în astfel de situații dificile, în care nici una din soluții nu reușește să se diferențieze semnificativ la majoritatea indicatorilor de performanță.

6.2. SISTEM DECIZIONAL FUZZY PENTRU EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A APARTAMENTELOR ÎN FAZELE INIȚIALE DE PROIECTARE

Spre deosebire de modelul decizional anterior, ce era destinat pentru evaluarea ansamblurilor de construcții rezidențiale în etapele inițiale de proiectare, modelul decizional ce va fi prezentat în paginile următoare este conceput pentru a fi utilizat pentru evaluarea apartamentelor de locuit în funcție de compartimentarea acestora, de condițiile de locuit și de facilitățile cartierului. Acest model decizional poate fi utilizat atât în etapele inițiale de proiectare când este conturată compartimentarea apartamentelor, cât și în etapa de vânzare a apartamentelor, deoarece scorul obținut de fiecare apartament poate contribui la ajustarea prețurilor apartamentelor în funcție de nivelul de confort.

1. Realizarea sistemului decizional fuzzy pentru evaluarea soluțiilor;
2. Stabilirea imobilului de locuințe colective și a parametrilor evaluați pentru a fi incluși în sistemul decizional;
3. Evaluarea spațiului apartamentelor;
4. Evaluarea compartimentărilor și a nivelului de confort al apartamentelor;
5. Evaluarea parametrilor de mediu;
6. Evaluarea facilităților cartierului;

7. Evaluarea apartamentelor dintr-un imobil de locuințe colective folosind sistemul decizional fuzzy;
8. Interpretarea rezultatelor obținute;

6.2.1. REALIZAREA SISTEMULUI DECIZIONAL FUZZY PENTRU EVALUAREA SOLUȚIILOR

Pentru definirea sistemului de inferență au fost parcurși aceiași pași ca în cazul sistemului de inferență dezvoltat pentru evaluarea ansamblului de construcții rezidențiale prezentat în Subcapitolul 6.1.1. Pașii parcurși au fost următorii:

1. Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat;
2. Stabilirea variabilelor de intrare și ieșire utilizate;
3. Configurarea structurii sistemului de inferență arborescent;
4. Definirea gradelor lingvistice pentru fiecare variabilă de intrare și ieșire;
5. Definirea regulilor fuzzy;

Stabilirea tipului de sistem de inferență utilizat

Pentru realizarea sistemului decizional s-a utilizat un sistem de inferență arborescent (FIS Tree) în două faze, compus din patru sisteme de inferență tip Mamdani. Având în vedere faptul că motivarea alegerii acestui tip de sistem a fost descrisă anterior în Subcapitolul 6.1.1, ea nu va fi reluată și în cadrul acestui subcapitol.

Stabilirea variabilelor de intrare și ieșire utilizate

Variabilele de intrare utilizate în sistemul decizional sunt parametrii evaluați în subcapitolele 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5,6.2.6, respectiv suprafața utilă, suprafața teraselor, înălțimea utilă, dotările apartamentului, dotările cartierului, nivelul de însorire și nivelul de zgomot.

Configurarea structurii sistemului de inferență arborescent

Configurarea sistemului fuzzy arborescent a implicat în primă fază gruparea variabilelor de intrare în trei sisteme de inferență pentru a simplifica procesul de configurare a regulilor fuzzy. Cele trei sisteme utilizate în prima etapă sunt denumite "*Spațiu*", "*Dotări*" și "*Mediu*". În sistemul de inferență fuzzy (FIS) "*Spațiu*" au fost introduse variabilele de intrare legate de proprietățile spațiului: suprafața utilă (S_U), suprafața teraselor (S_T) și înălțime utilă (H_int). În FIS-ul "*Dotări*" au fost introduse ca variabile de intrare scorurile ce țin de facilitățile cartierului (D_c) și cele ce țin de compartimentarea/nivelul de confort al apartamentului (D_a), iar în FIS-ul "*Mediu*" au fost introduse variabilele ce țin de confortul vizual (însorirea – S_L) și confortul acustic (zgomotul – S_Z). Gruparea variabilelor de intrare poate fi observată în *Tabelul 6.31*.

Tabelul 6.31. ***Gruparea variabilelor de intrare pe sisteme de inferență.***

Variabile de intrare	Sistem de inferență fuzzy Etapa 1 - inițială	Sistem de inferență fuzzy Etapa 2 - Finală
Suprafață utilă (S_U)	Spațiu	Cumulativ Apartament
Suprafață terase (S_T)		
Înălțime utilă (H_int)		
Dotări apartament (D_ap)	Dotări	
Dotări cartier (D_c)		
Însorire (S_L)	Mediu	
Zgomot (S_Z)		

Cele trei FIS din prima etapă calculează câte un scor fiecare (Scor_Sp, Scor_D, Scor_M), ce este prelucrat în etapa a doua de către FIS-ul denumit "*Cumulativ Apartamente*" pentru a determina un scor final (Scor_Ap).

Pentru a facilita înțelegerea structurii acestui sistem de inferență, ea a fost schematizată grafic în *Figura 6.26*, iar în *Figura 6.27* poate fi observată o captură de ecran din modulul Fuzzy Designer Logic a programului MatLAB, unde a fost configurat acest sistem de inferență.

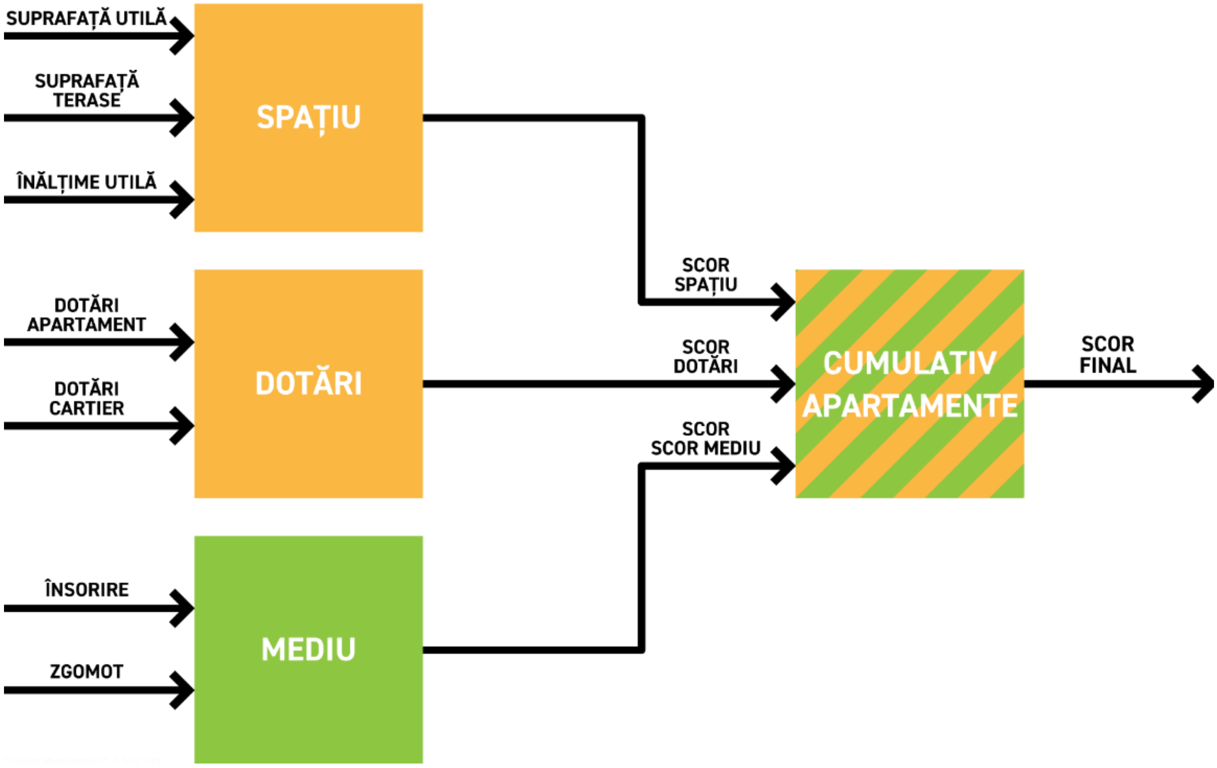


Figura 6.26. *Schematizarea structurii sistemului de inferență arborescent (FisTree) definit în MatLAB Fuzzy Logic Designer pentru evaluarea apartamentelor din cadrul construcțiilor rezidențiale.*

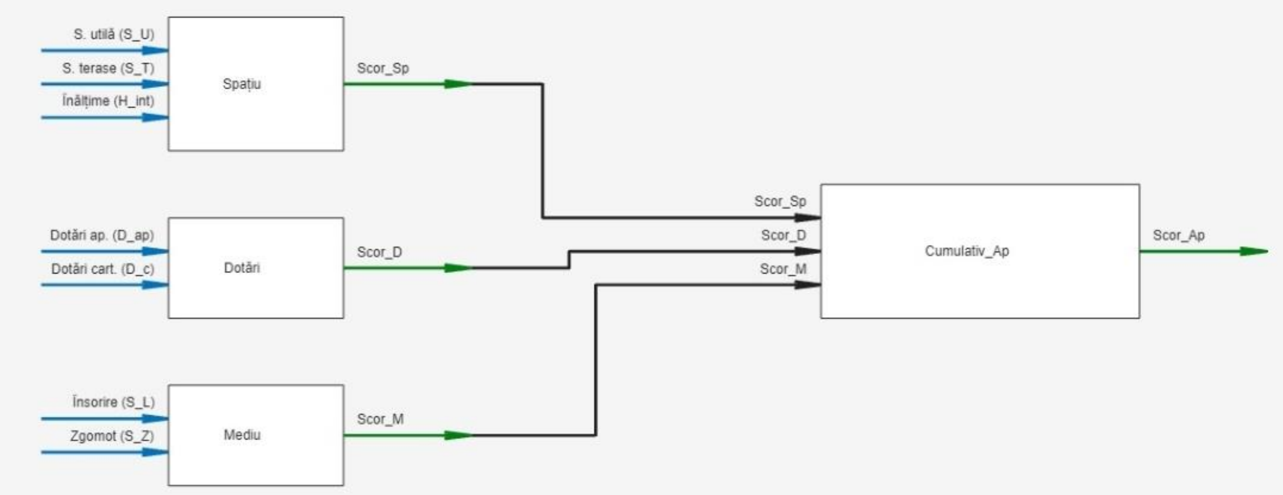


Figura 6.27. ***Sistemul de inferență arborescent "FIS_Apartamente" definit în MatLAB Fuzzy Logic Designer pentru evaluarea apartamentelor din locuințele colective.***

În *Figura 6.28* poate fi observat sistemul de inferență "Spațiu" din cadrul sistemului arborescent "*Cumulativ_Ap*". Celelalte sisteme de inferență utilizate în sistemul arborescent sunt inserate în ANEXA 5.

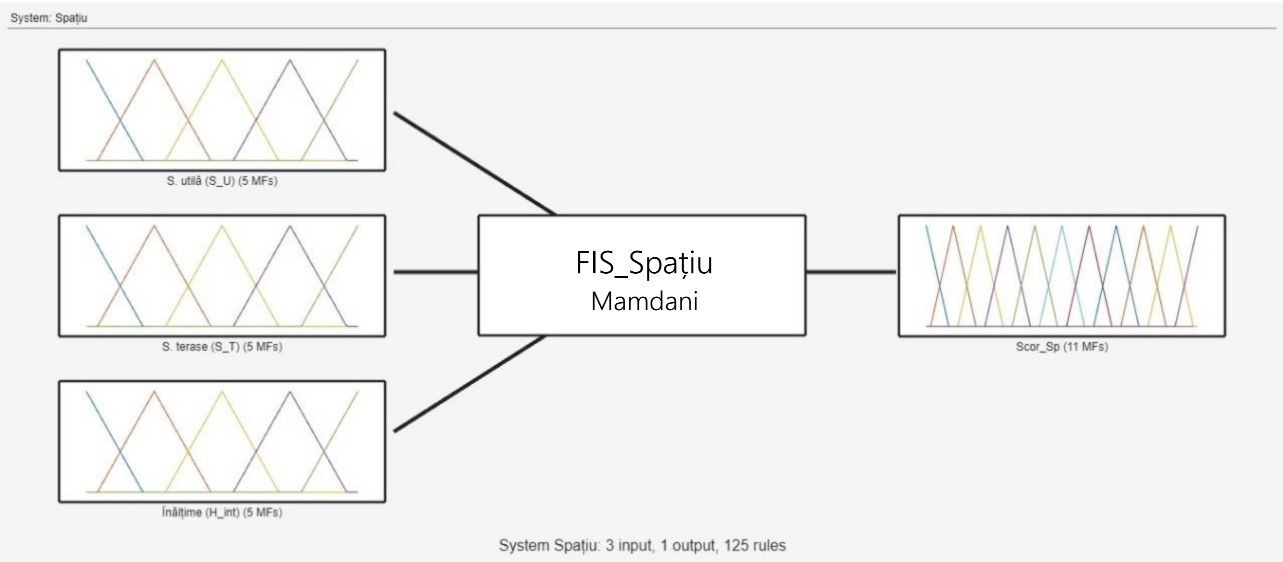


Figura 6.28. ***Sistemul de inferență "Spațiu" din cadrul sistemului arborescent "Cumulativ_Ap".***

Definirea gradelor lingvistice

Pentru toate sistemele de inferență au fost utilizate funcții de apartenență triunghiulare cu valori distribuite uniform atât pentru variabilele de intrare, cât și pentru cele de ieșire. Pentru variabilele de intrare ale FIS din etapa 1 (Spațiu, Dotări și Mediu) au fost utilizate cinci grade lingvistice (foarte mic, mic, mediu, mare și foarte mare), cu valori cuprinse între 0 și 1, iar pentru FIS-ul Cumulativ Apartamente au fost atribuite valori cuprinse între 0 și 100. Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare a fost integrată în *Tabelul 6.32* și este reprezentată grafic în *Figura 6.29* și *Figura 6.30*.

Tabelul 6.32. ***Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare***

Grade lingvistice	Abreviere	Tip funcție de apartenență	Interval FIS Spațiu, Dotări și Mediu	Interval FIS Cumulativ
foarte mic	fm	Triunghiulară	[-0.208333 0 0.208333]	[-20.8333 0 20.8333]
mic	m	Triunghiulară	[0.0416667 0.25 0.458333]	[4.16667 25 45.8333]
Mediu	Med	Triunghiulară	[0.291667 0.5 0.708333]	[29.1667 50 70.8333]
Mare	M	Triunghiulară	[0.541667 0.75 0.958333]	[54.1667 75 95.8333]
Foarte mare	FM	Triunghiulară	[0.791667 1 1.20833]	[79.1667 100 120.833]

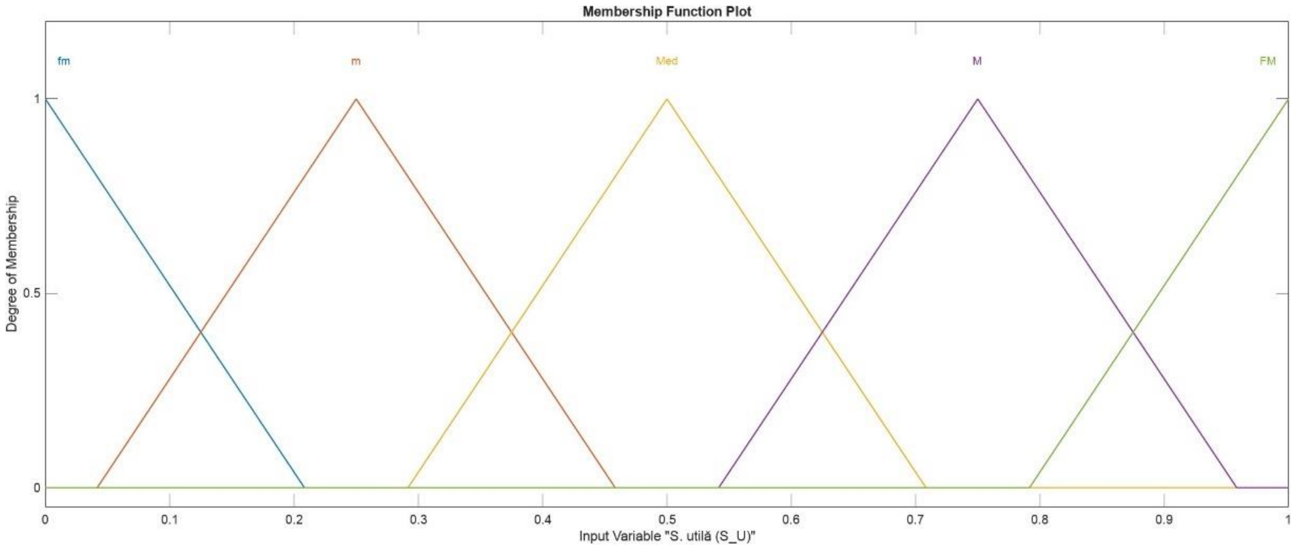


Figura 6.29. ***Funcțiile de apartenență pentru variabilele de intrare ale sistemelor de inferență "Spațiu", "Dotări" și "Mediu".***

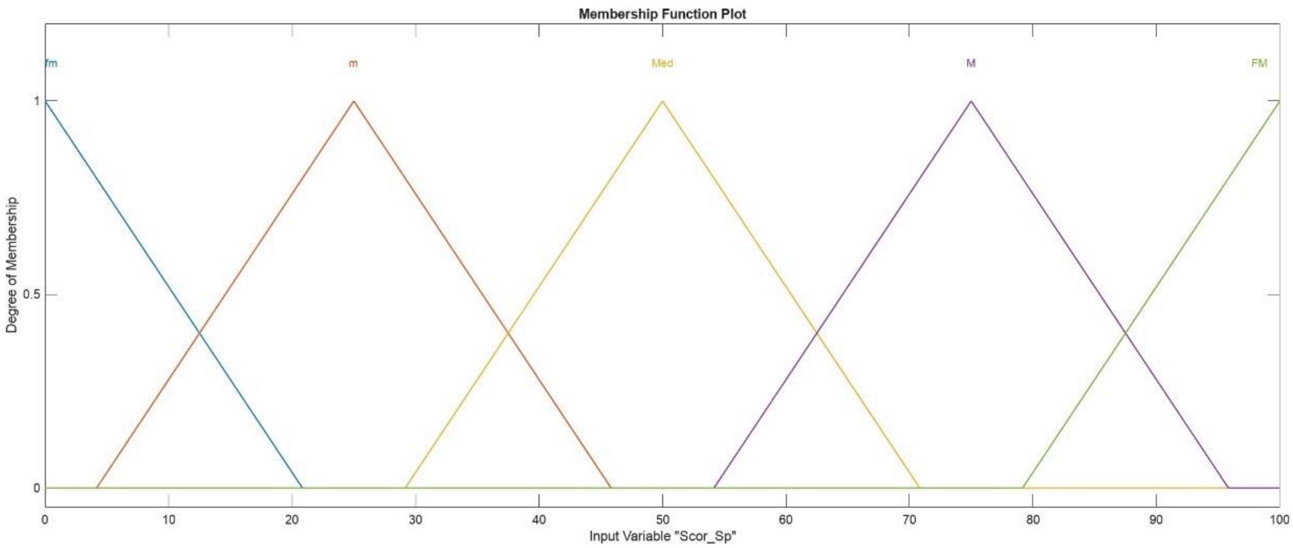


Figura 6.30. ***Funcțiile de apartenență pentru variabilele de intrare ale sistemului de inferență "Cumulativ_Ap".***

Pentru variabilele de ieșire au fost utilizate 11 grade lingvistice (GL0-GL10), însă valorile pentru aceste funcții de apartenență sunt situate în intervalul 0 – 100 pentru a obține

scoruri intermediare și finale cuprinse între 0 și 100 și nu cu trei zecimale după virgulă. Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de ieșire poate fi observată în *Tabelul 6.33* și *Figura 6.31*.

Tabelul 6.33. ***Configurația funcțiilor de apartenență pentru variabilele de ieșire.***

Grade lingvistice	Abreviere	Tip funcție de apartenență	Interval
GL0	GL0	Triunghiulară	[-8.33333 0 8.33333]
GL1	GL1	Triunghiulară	[1.66667 10 18.3333]
GL2	GL2	Triunghiulară	[11.6667 20 28.3333]
GL3	GL3	Triunghiulară	[21.6667 30 38.3333]
GL4	GL4	Triunghiulară	[31.6667 40 48.3333]
GL5	GL5	Triunghiulară	[41.6667 50 58.3333]
GL6	GL6	Triunghiulară	[51.6667 60 68.3333]
GL7	GL7	Triunghiulară	[61.6667 70 78.3333]
GL8	GL8	Triunghiulară	[71.6667 80 88.3333]
GL9	GL9	Triunghiulară	[81.6667 90 98.3333]
GL10	GL10	Triunghiulară	[91.6667 100 108.333]

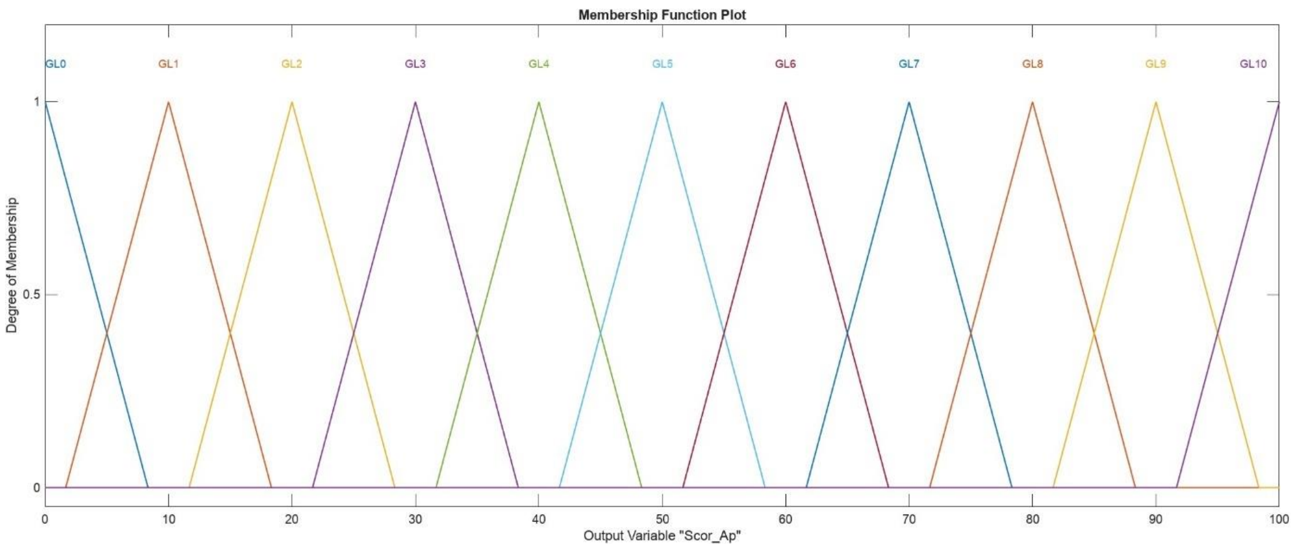
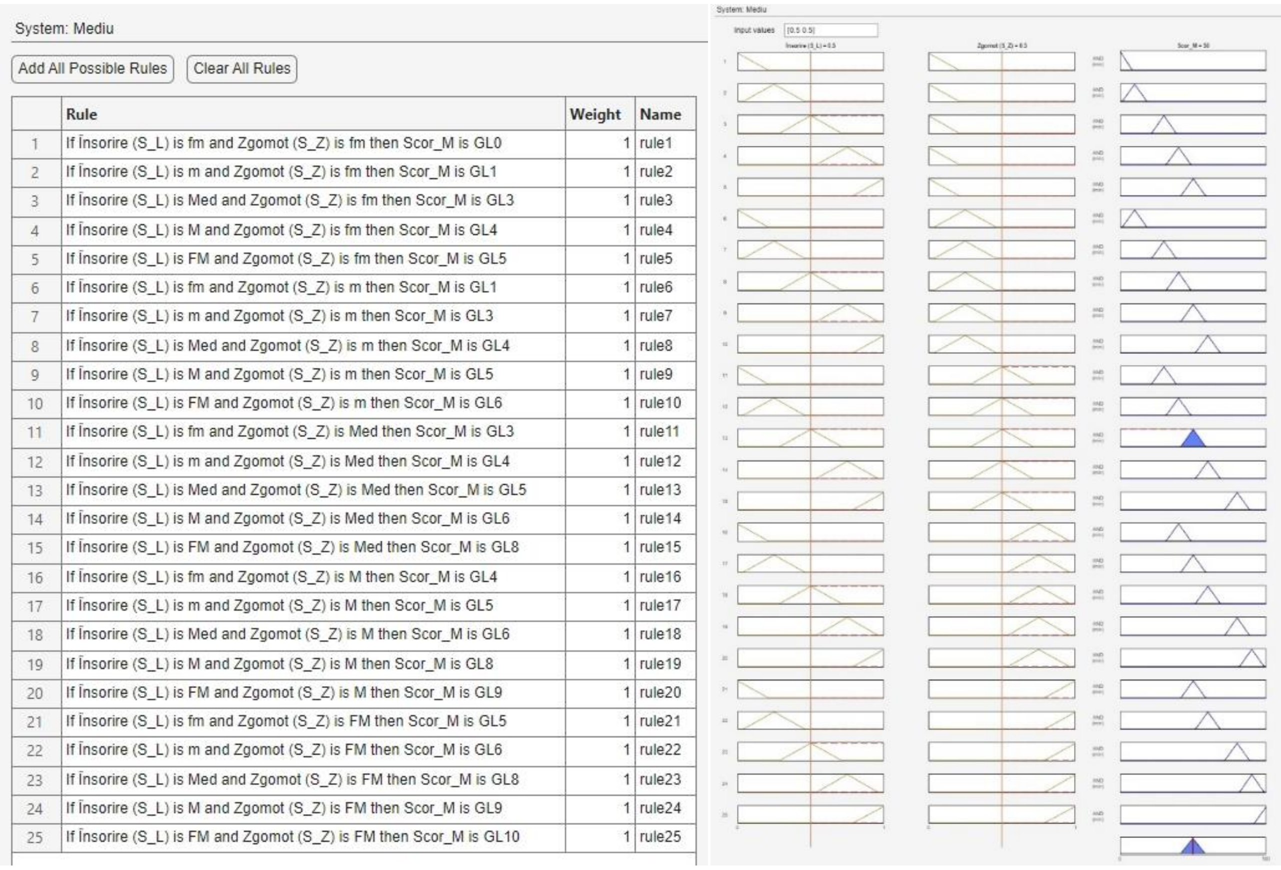


Figura 6.31. ***Funcțiile de apartenență pentru variabilele de ieșire ale tuturor sistemelor de inferență.***

Definirea regulilor fuzzy

Sistemele de inferență integrate în acest FIS arborescent au în total 300 de reguli. Definirea acestor reguli a fost simplificată semnificativ prin faptul că toate scorurile au fost normalizate și/sau ponderate înainte de a fi introduse în sistemul de inferență. Astfel definirea funcțiilor de apartenență și a regulilor nu a mai implicat un proces îndelungat de rafinare pentru a obține un sistem decizional sensibil la modificările aduse variabilelor de intrare. Și în cazul acestui model decizional regulile au fost definite în Google Sheets

folosind formule de bază. În *Figura 6.32* (a) pot fi observate o parte din regulile de inferență definite pentru FIS "*Mediu*", iar în *Figura 6.32* (b) se poate observa modul în care a fost realizată inferența regulilor pentru același FIS. În ANEXA 5, în Figura *A.54* pot fi observate regulile de inferență, dar și modul în care a fost realizată inferența regulilor pentru Sistemul de inferență "*Cumulativ_Ap*", ce calculează scorul final al fiecărui apartament.



	Rule	Weight	Name
1	If Însorire (S_L) is fm and Zgomot (S_Z) is fm then Scor_M is GL0	1	rule1
2	If Însorire (S_L) is m and Zgomot (S_Z) is fm then Scor_M is GL1	1	rule2
3	If Însorire (S_L) is Med and Zgomot (S_Z) is fm then Scor_M is GL3	1	rule3
4	If Însorire (S_L) is M and Zgomot (S_Z) is fm then Scor_M is GL4	1	rule4
5	If Însorire (S_L) is FM and Zgomot (S_Z) is fm then Scor_M is GL5	1	rule5
6	If Însorire (S_L) is fm and Zgomot (S_Z) is m then Scor_M is GL1	1	rule6
7	If Însorire (S_L) is m and Zgomot (S_Z) is m then Scor_M is GL3	1	rule7
8	If Însorire (S_L) is Med and Zgomot (S_Z) is m then Scor_M is GL4	1	rule8
9	If Însorire (S_L) is M and Zgomot (S_Z) is m then Scor_M is GL5	1	rule9
10	If Însorire (S_L) is FM and Zgomot (S_Z) is m then Scor_M is GL6	1	rule10
11	If Însorire (S_L) is fm and Zgomot (S_Z) is Med then Scor_M is GL3	1	rule11
12	If Însorire (S_L) is m and Zgomot (S_Z) is Med then Scor_M is GL4	1	rule12
13	If Însorire (S_L) is Med and Zgomot (S_Z) is Med then Scor_M is GL5	1	rule13
14	If Însorire (S_L) is M and Zgomot (S_Z) is Med then Scor_M is GL6	1	rule14
15	If Însorire (S_L) is FM and Zgomot (S_Z) is Med then Scor_M is GL8	1	rule15
16	If Însorire (S_L) is fm and Zgomot (S_Z) is M then Scor_M is GL4	1	rule16
17	If Însorire (S_L) is m and Zgomot (S_Z) is M then Scor_M is GL5	1	rule17
18	If Însorire (S_L) is Med and Zgomot (S_Z) is M then Scor_M is GL6	1	rule18
19	If Însorire (S_L) is M and Zgomot (S_Z) is M then Scor_M is GL8	1	rule19
20	If Însorire (S_L) is FM and Zgomot (S_Z) is M then Scor_M is GL9	1	rule20
21	If Însorire (S_L) is fm and Zgomot (S_Z) is FM then Scor_M is GL5	1	rule21
22	If Însorire (S_L) is m and Zgomot (S_Z) is FM then Scor_M is GL6	1	rule22
23	If Însorire (S_L) is Med and Zgomot (S_Z) is FM then Scor_M is GL8	1	rule23
24	If Însorire (S_L) is M and Zgomot (S_Z) is FM then Scor_M is GL9	1	rule24
25	If Însorire (S_L) is FM and Zgomot (S_Z) is FM then Scor_M is GL10	1	rule25

(a) (b)

Figura 6.32. ***(a) Regulile fuzzy pentru Sistemul de Inferență Fuzzy "Mediu" și (b) Inferența regulilor pentru Sistemul de Inferență Fuzzy "Mediu"***

În *Figura 6.33* și în *Figura 6.34* poate fi observată suprafața de variație a mărimii de ieșire pentru sistemele de inferență "*FIS_Spațiu*" și "*Cumulativ_Ap*". Analizând aceste figuri se poate observa faptul că pentru ambele sisteme de inferență suprafața de variație este simetrică și surprinde modul în care scorul final crește pe măsură ce valoarea variabilelor de intrare crește. Suprafața de variație a mărimii de ieșire este simetrică, deoarece scorurile au fost normalizate și ponderate anterior introducerii lor în sistemul de inferență. Pentru celelalte variabile de intrare nu au fost inserate imagini în cadrul cărții, deoarece au o configurație asemănătoare cu cea prezentată în *Figura 6.33* și *Figura 6.34*.

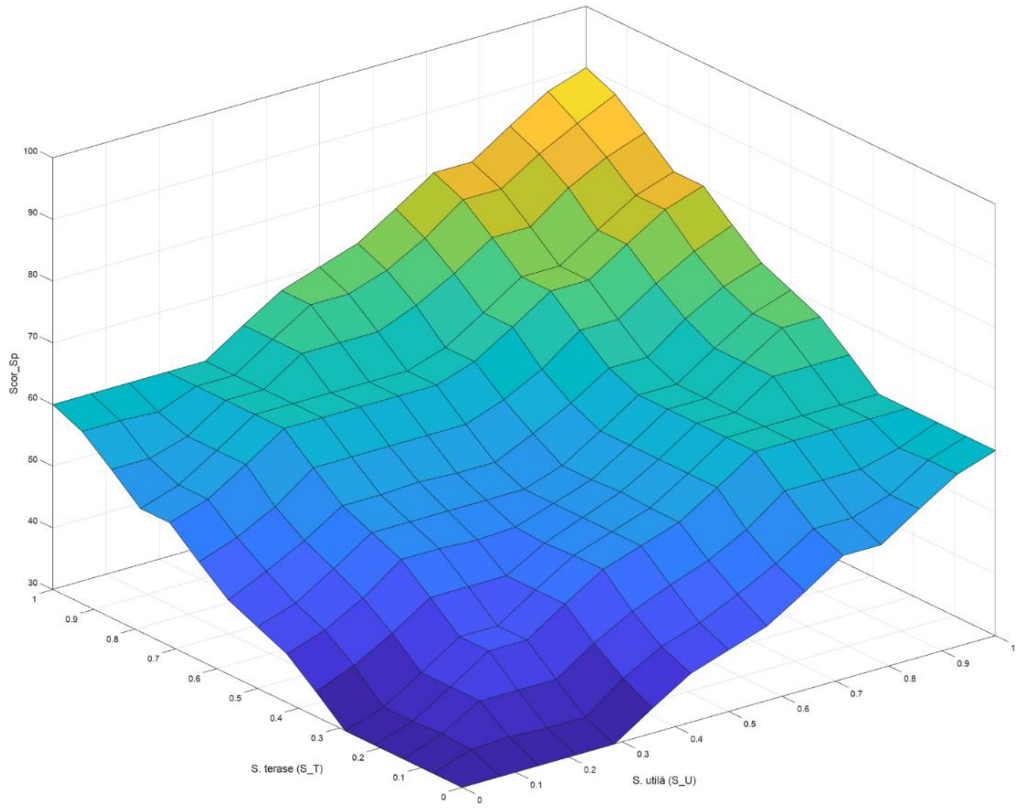


Figura 6.33. ***Suprafața de variație a mărimii de ieșire când variabilele de intrare au aceeași importanță. În cazul de față la calcularea scorului de spațiu (Scor_Sp) atât scorul suprafeței utile (S_U), cât și scorul suprafeței terasei (S_T) au aceeași pondere, deoarece valorile de intrare au fost ponderate înainte de a fi introduse în sistemul fuzzy.***

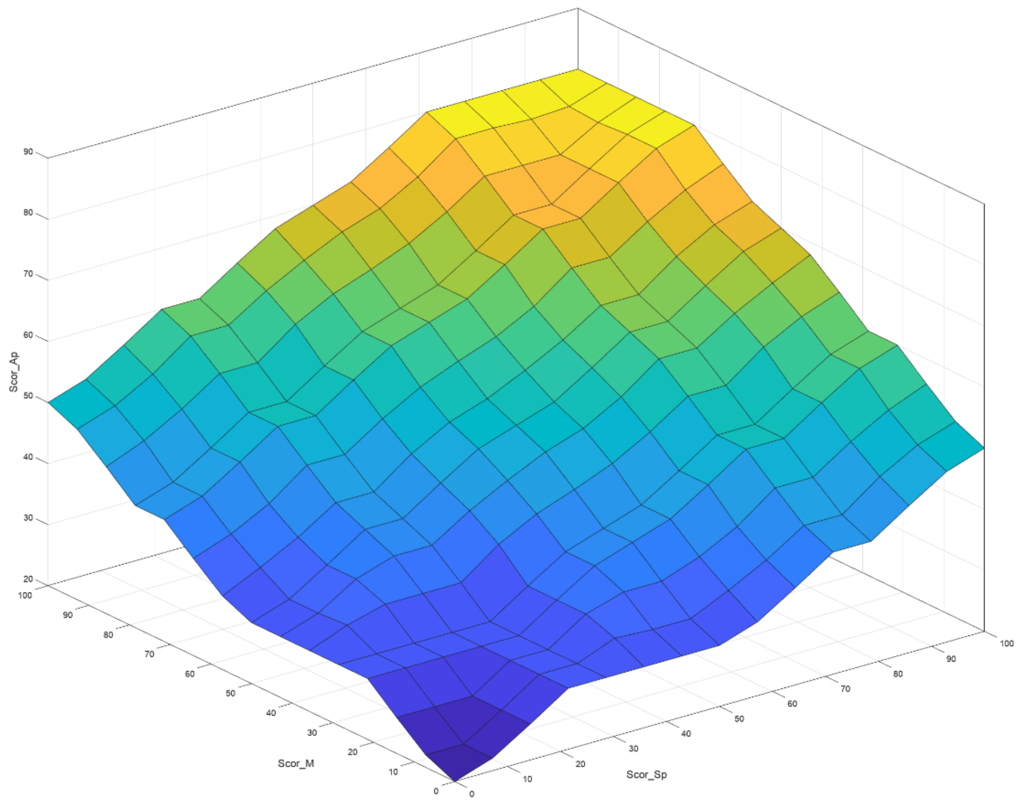


Figura 6.34. ***Suprafața de variație a mărimii de ieșire pentru variabilele de intrare Scor Spațiu (Scor_Sp) și Scor Mediu (Scor_M) ale sistemului de inferență "Cumulativ_Ap"***

6.2.2. STABILIREA IMOBILULUI DE LOCUINȚE COLECTIVE ȘI A PARAMETRILOR EVALUAȚI PENTRU A FI INCLUȘI ÎN SISTEMUL DECIZIONAL

Pentru testarea modelului decizional a fost ales unul din imobilele de locuințe colective existente în ansamblul rezidențial studiat în capitolul anterior (*Figura 6.35*). Construcția are laturile lungi orientate est-vest, iar una din laturile scurte este orientată spre str. Ceyrat. Această construcție are un regim de înălțime P+4E+ER și este prevăzută cu 48 de apartamente din care 9 (19%) sunt cu o cameră, 23 (48%) cu două camere și 16 (33%) cu trei camere.



Figura 6.35. ***Imobilul de locuințe colective studiat pentru testarea modelului decizional. (Adaptare imagine Google Maps)***

Parterul este diferit de celelalte etaje, în timp ce etajele 1-4 au aceeași planimetrie și același număr de apartamente. La parterul imobilului (*Figura 6.36*) există patru apartamente cu trei camere, două apartamente cu două camere și un apartament cu o cameră. La etajele superioare (*Figura 6.37*) există la fiecare nivel câte trei apartamente cu trei camere, cinci apartamente cu două camere și două apartamente cu o cameră. La etajul retras există doar o zonă care facilitează accesul pe terasele circulabile.

Pentru realizarea modelului decizional au fost evaluați atât parametri cantitativi, cât și parametri calitativi. Parametrii cantitativi evaluați sunt: suprafața utilă, suprafața teraselor și înălțimea utilă a apartamentelor în timp ce parametrii calitativi ce au fost evaluați țin de compartimentarea apartamentului, de nivelul de dotare al cartierului și de parametrii de mediu (zgomot și însorire).

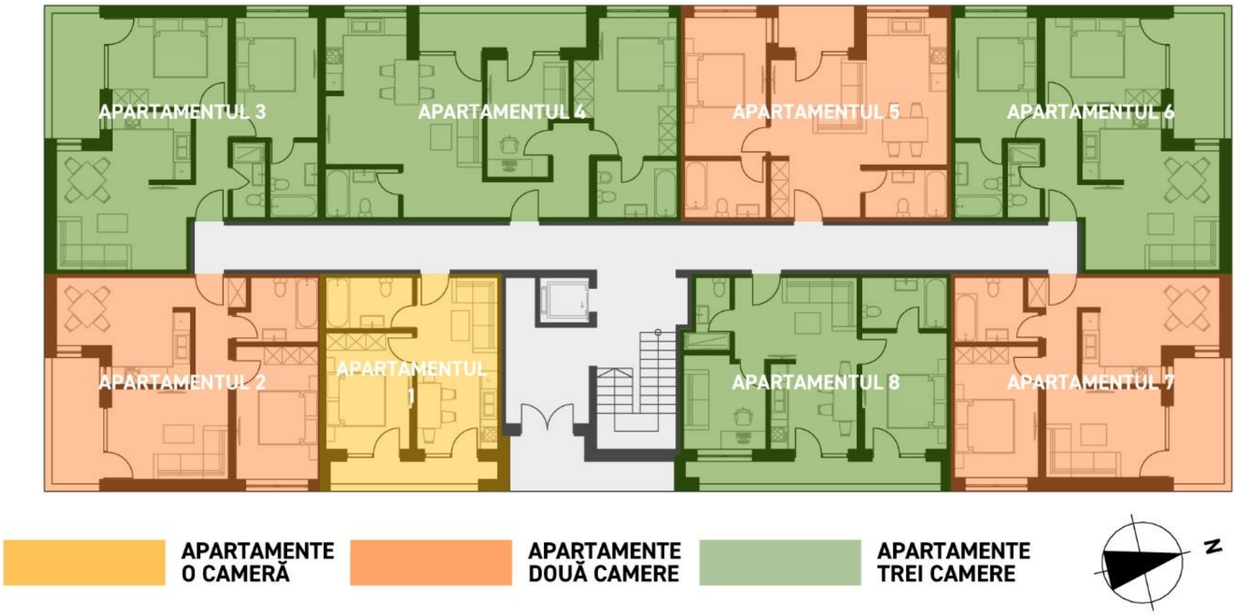


Figura 6.36. *Plan parter cu evidențierea tipologiilor de apartamente existente. (Redesenat după planurile autorului proiectului S.C. A.D.L. Architecture&Design S.R.L.)*

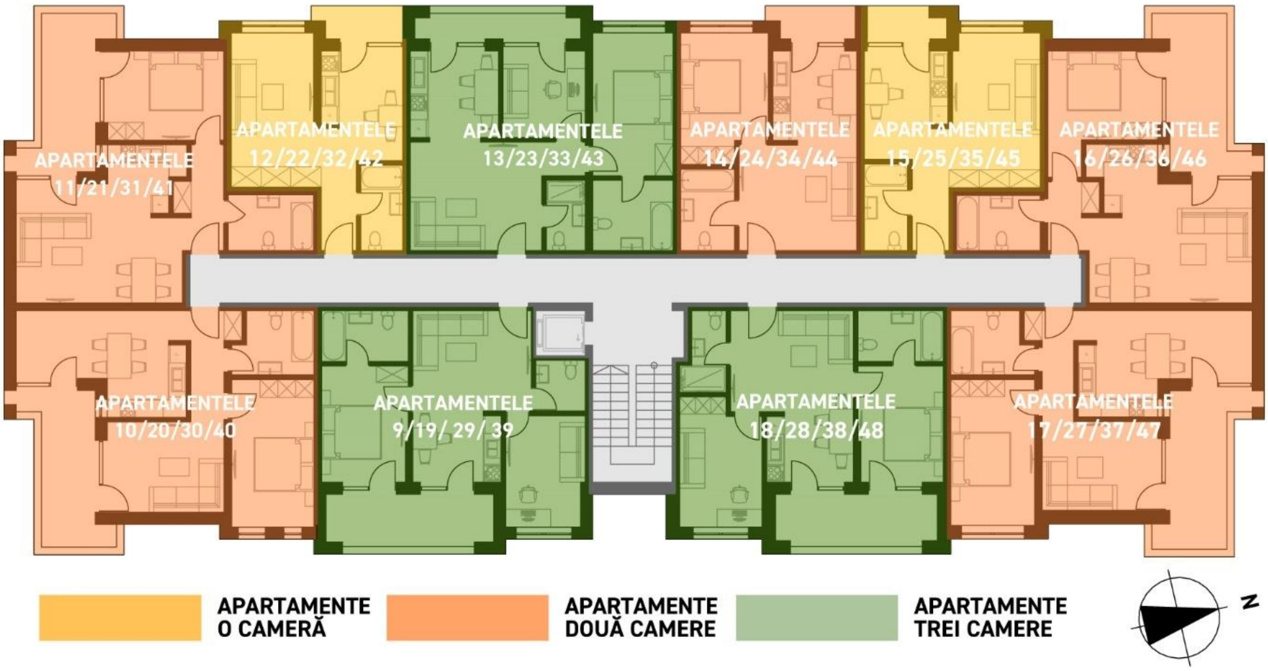


Figura 6.37. *Plan etaj curent cu evidențierea tipologiilor de apartamente existente. (Redesenat după planurile autorului proiectului S.C. A.D.L. Architecture&Design S.R.L.)*

6.2.3. EVALUAREA SPAȚIULUI APARTAMENTELOR

Pentru evaluarea spațiului apartamentelor au fost studiați următorii parametri: **suprafața utilă, suprafața teraselor și înălțimea interioară** a apartamentelor. Evaluarea spațiului apartamentelor a implicat parcurgerea următorilor pași:

1. Colectarea și centralizarea datelor;

2. Stabilirea valorilor pentru normalizarea scorurilor;
3. Normalizarea scorurilor;

Colectarea și centralizarea datelor

În această etapă au fost preluate de pe site-ul oficial al dezvoltatorului suprafețele utile, suprafețele teraselor, dar și aspectele ce țin de compartimentarea apartamentelor, ce au fost descrise în subcapitolul următor. Aceste date au fost centralizate într-un tabel în vederea prelucrării ulterioare.

Stabilirea valorilor pentru normalizarea scorurilor

Pentru normalizarea scorurilor s-a impus utilizarea unor valori minime și maxime diferite în funcție de tipul de apartament, deoarece atât suprafața utilă, cât și cea a teraselor trebuie să se situeze între anumite valori în funcție de acest aspect. Pentru stabilirea acestor valori au fost utilizate prevederile Legii Locuinței ce prevede că un apartament cu o cameră trebuie să aibă o suprafață utilă de minim 37 m^2, un apartament cu două camere de minim 52 m^2, iar un apartament cu trei camere de minim 66 m^2 (Legea 114, 1996). Inițial s-a dorit ca aceste suprafețe să reprezinte valorile minime în procesul de normalizare a scorurilor, însă din cauza faptului că doar 4 apartamente din 48 (8.33%) respectă prevederile Legii Locuinței, s-a impus utilizarea unei valori minime mai mici, iar valorile legale să devină valoarea medie. Apartamentele sunt în medie cu 7.84 m^2 mai mici decât prevederile legii, existând însă apartamente cu trei camere ce au chiar și cu 19.42 m^2 mai puțin decât suprafața minimă legală (*Tabelul 6.35* – Apartamentul 8). Diferențele dintre suprafața legală și cea reală variază între 0.81% și 29.42%, valoarea medie fiind de aproximativ 13.88%.

În ceea ce privește suprafața teraselor nu există prevederi legale care să reglementeze anumite valori minime, motiv pentru care valorile minime și maxime utilizate pentru normalizare au fost stabilite empiric, utilizând suprafețe ce pot fi considerate normale pentru apartamente de diferite tipuri.

Înălțimea interioară minimă este reglementată atât de Legea Locuinței, cât și de Normele de sănătate publică. Ambele acte legislative stabilesc o înălțime liberă minimă de 2.55 m în cazul construcțiilor de locuit (Legea 114, 1996) (OMS 119, 2014). Valoarea maximă a fost stabilită la 3.00 m pentru a permite utilizarea acestui model decizional și pentru evaluarea unor construcții cu un confort sporit sau situate în clădiri istorice ce au în general înălțimi mai mari.

Valorile legale, cât și cele minime și maxime utilizate pentru normalizarea parametrilor de spațiu au fost centralizate în *Tabelul 6.34*.

Tabelul 6.34. ***Valorile legale și valorile minime și maxime utilizate pentru normalizarea parametrilor de spațiu.***

Parametru de spațiu	Valoare minimă legală	Valoare minimă normalizare	Valoare maximă normalizare
Suprafață utilă ap. 1 cameră	37 m^2	30 m^2	44 m^2
Suprafață utilă ap. 2 camere	52 m^2	38 m^2	66 m^2
Suprafață utilă ap. 3 camere	66 m^2	46 m^2	86 m^2
Suprafață terase ap. 1 cameră	-	0	5 m^2
Suprafață terase ap. 2 și 3 camere	-	0	10 m^2
Înălțime interioară	2.55 m	2.55 m	3.00 m

Normalizarea scorurilor

Cu ajutorul valorilor stabilite anterior au fost calculate scorurile normalizate pentru fiecare parametru de spațiu și pentru fiecare apartament. Se poate observa în *Tabelul 6.35* că scorurile obținute pentru suprafața utilă (S_U) sunt în general foarte mici din cauza faptului că majoritatea apartamentelor nu respectă prevederile legale în ceea ce privește suprafața utilă minimă. În schimb, în ceea ce privește scorurile pentru suprafața teraselor (S_T) se poate observa că majoritatea apartamentelor au obținut un scor bun.

Tabelul 6.35. ***Scorurile parametrilor de spațiu: arie utilă, arie terase și înălțime interioară.***

Nr. ap.	Nr. camere	Supraf. utilă	Scor normalizat S_U	Supraf. terasă	Scor normalizat S_T	Înălțime interioară	Scor normalizat H_int
1	1	31.48	**0.106**	3.89	**0.778**	2.70	**0.333**
2	2	47.22	**0.329**	6.93	**0.693**	2.70	**0.333**
3	3	54.7	**0.218**	6.93	**0.693**	2.70	**0.333**
4	3	65.34	**0.484**	6.66	**0.666**	2.70	**0.333**
5	2	51.58	**0.485**	3.06	**0.306**	2.70	**0.333**
6	3	54.69	**0.217**	6.93	**0.693**	2.70	**0.333**
7	2	47.22	**0.329**	6.93	**0.693**	2.70	**0.333**
8	3	46.58	**0.015**	5.94	**0.594**	2.70	**0.333**
9	3	48.02	**0.051**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
10	2	50.85	**0.459**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
11	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
12	1	32.41	**0.172**	2.49	**0.498**	2.70	**0.333**
13	3	55.23	**0.231**	4.53	**0.453**	2.70	**0.333**
14	2	38.17	**0.006**	2.49	**0.249**	2.70	**0.333**
15	1	32.41	**0.172**	2.24	**0.448**	2.70	**0.333**
16	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**

Nr. ap.	Nr. camere	Supraf. utilă	Scor normalizat S_U	Supraf. terasă	Scor normalizat S_T	Înălțime interioară	Scor normalizat H_int
17	2	53.85	**0.566**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
18	3	50.25	**0.106**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
19	3	48.02	**0.051**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
20	2	50.85	**0.459**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
21	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
22	1	32.41	**0.172**	2.49	**0.498**	2.70	**0.333**
23	3	55.23	**0.231**	4.53	**0.453**	2.70	**0.333**
24	2	38.17	**0.006**	2.49	**0.249**	2.70	**0.333**
25	1	32.41	**0.172**	2.24	**0.448**	2.70	**0.333**
26	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
27	2	53.85	**0.566**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
28	3	50.25	**0.106**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
29	3	48.02	**0.051**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
30	2	50.85	**0.459**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
31	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
32	1	32.41	**0.172**	2.49	**0.498**	2.70	**0.333**
33	3	55.23	**0.231**	4.53	**0.453**	2.70	**0.333**
34	2	38.17	**0.006**	2.49	**0.249**	2.70	**0.333**
35	1	32.41	**0.172**	2.24	**0.448**	2.70	**0.333**
36	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
37	2	53.85	**0.566**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
38	3	50.25	**0.106**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
39	3	48.02	**0.051**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**
40	2	50.85	**0.459**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
41	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
42	1	32.41	**0.172**	2.49	**0.498**	2.70	**0.333**
43	3	55.23	**0.115**	4.53	**0.453**	2.70	**0.333**
44	2	38.17	**0.006**	2.49	**0.249**	2.70	**0.333**
45	1	32.41	**0.172**	2.24	**0.448**	2.70	**0.333**
46	2	45.65	**0.273**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
47	2	53.85	**0.566**	9.98	**0.998**	2.70	**0.333**
48	3	50.25	**-0.063**	9.47	**0.947**	2.70	**0.333**

6.2.4. EVALUAREA COMPARTIMENTĂRILOR ȘI A NIVELULUI DE CONFORT AL APARTAMENTELOR

Pentru evaluarea compartimentărilor și a nivelului de confort al apartamentelor au fost parcurși următorii pași:

1. Descrierea parametrilor evaluați;
2. Evaluarea parametrilor de compartimentare și a nivelului de confort;
3. Ponderarea scorurilor;

Descrierea parametrilor evaluați

Pentru evaluarea nivelului de confort pe care îl asigură apartamentele au fost evaluate aspecte ce țin de **compartimentare** cum sunt: existența unei băi, bucătării sau camere de zi ventilate natural, existența unei bucătării închise, existența unor băi suplimentare, existența unui hol de acces sau a unor spații de depozitare. Pe lângă aspectele de compartimentare, în această etapă au fost evaluate și aspectele ce țin de **mobilitate/accesibilitate**, cum ar fi existența unui lift și aspecte ce țin de **confortul vizual**, cum ar fi orientarea apartamentului spre perspective atractive sau neatractive.

Evaluarea parametrilor de compartimentare și a nivelului de confort

În prima etapă au fost analizate planurile tuturor apartamentelor în vederea identificării parametrilor de confort pe care îi îndeplinesc. Pentru fiecare parametru de confort pe care îl avea apartamentul respectiv a fost acordat câte un punct, iar pentru parametrii ce lipseau nu a fost acordat niciun punct. În cazul în care apartamentul are o perspectivă neatractivă, punctajul acordat a fost negativ.

În ceea ce privește ventilarea bucătăriei și a încăperilor de locuit (dormitoare, cameră de zi), Normele de igienă și sănătate publică prevăd faptul că aceste spații *"trebuie să fie prevăzute cu deschideri directe către aer liber prin uși sau ferestre care să permită ventilarea naturală"* (OMS 119, 2014). Având în vedere acest aspect au fost punctate ca fiind ventilate natural doar acele bucătării sau camere de zi ce se află lângă o fereastră sau ușă care permite ventilarea naturală a respectivei zone. În cazul în care bucătăria sau camera de zi au fost poziționate spre casa scării, iar accesul la o fereastră implica tranzitarea altei zone a aceleiași încăperi nu a fost acordat niciun punct, deoarece s-a considerat că acele încăperi nu au deschideri directe către aer liber.

În ceea ce privește băile suplimentare au fost acordate puncte doar acelor apartamente ce au băi suplimentare față de cele prevăzute de Legea Locuinței.

În privința spațiilor de depozitare trebuie menționat faptul că au fost punctate doar acele apartamente ce beneficiază de încăperi separate de depozitare, cum sunt dressingurile sau cămările, în timp ce nișele de depozitare nu au fost punctate.

Apartamentele poziționate pe latura vestică a construcției sunt orientate spre spațiul verde și au primit un punctaj suplimentar, deoarece s-a considerat că beneficiază de o perspectivă atractivă. Pe de altă parte, apartamentele situate pe latura estică a construcției sunt orientate spre un stâlp de înaltă tensiune. Acest element a fost considerat ca fiind o perspectivă neatractivă și prin urmare, apartamentele respective au fost depunctate.

În urma evaluării tuturor apartamentelor a putut fi evaluat și gradul de îndeplinire a parametrilor de compartimentare și confort. Aceste date ce sunt centralizate în *Tabelul 6.36* evidențiază faptul că nici un apartament nu beneficiază de baie ventilată sau de spații de depozitare, că toate apartamentele au bucătărie ventilată, dar și că există un procent îngrijorător de mare de apartamente (37.5%) ce nu au cameră de zi ventilată natural în mod direct.

Tabelul 6.36. ***Nivelul de satisfacere a parametrilor de compartimentare și confort.***

Parametri de compartimentare și confort	**Nr. apartamente**	**% apartamente**
Baie ventilată natural	0	0%
Bucătărie ventilată natural	48	100%
Cameră de zi ventilată natural	30	62.5%
Bucătărie închisă	14	29.17%
Băi suplimentare	16	33.33%
Hol acces	29	60.42%
Spații de depozitare	0	0%
Lift	48	100%
Perspectivă atractivă	24	50%
Nu au perspectivă neatractivă	33	68.75%
	Nivel de satisfacere a parametrilor	**56.02%**

Ponderarea scorurilor

Având în vedere faptul că parametrii evaluați diferă ca importanță, a fost necesară ponderarea tuturor scorurilor. Pentru a realiza acest lucru au fost utilizate datele obținute în urma sondajului realizat, ce a fost prezentat în Capitolul 5. Scorurile ponderate obținute de fiecare apartament, pentru fiecare criteriu și procentele utilizate pentru ponderarea scorului pot fi observate în *Tabelul 6.37*. Coroborând datele din *Tabelul 6.36* cu cele din *Tabelul 6.37* putem observa că majoritatea apartamentelor au un scor mediu sau sub mediu din cauza nivelului scăzut de satisfacere a parametrilor de compartimentare și confort.

Tabelul 6.37. ***Centralizarea scorurilor pentru evaluarea compartimentărilor și a nivelului de confort.***

Nr. ap.	Etaj	Baie Ventilată nat.	Bucătărie Ventilată nat.	Cameră de zi ventilată nat.	Bucătărie închisă	Băi suplimentare	Hol Acces	Spații de depozitare	Lift	Perspectivă atractivă	Perspectivă neatractivă	Scor Dotări Apartament
		16.4%	28.3%	16.4%	11.3%	6.9%	0.6%	5.7%	5.0%	3.1%	6.3%	**100%**
1	P	0	0.283	0	0	0	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
2	P	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.616**
3	P	0	0.283	0.164	0	0.069	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
4	P	0	0.283	0.164	0	0.069	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
5	P	0	0.283	0.164	0	0	0	0	0.050	0.031	0	**0.528**
6	P	0	0.283	0.164	0	0.069	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
7	P	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	-0.063	**0.553**
8	P	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
9	1	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
10	1	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.616**
11	1	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.503**
12	1	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
13	1	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
14	1	0	0.283	0	0	0	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
15	1	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.647**
16	1	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
17	1	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	-0.063	**0.553**
18	1	0	0.283	0.000	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
19	2	0	0.283	0.000	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
20	2	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.616**
21	2	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.503**
22	2	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
23	2	0	0.283	0.000	0	0.069	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
24	2	0	0.283	0.000	0	0	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
25	2	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.647**
26	2	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
27	2	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	-0.063	**0.553**
28	2	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
29	3	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
30	3	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.616**

Nr. ap.	Etaj	Baie Ventilată nat.	Bucătărie Ventilată nat.	Cameră de zi ventilată nat.	Bucătărie închisă	Băi suplimentare	Hol Acces	Spații de depozitare	Lift	Perspectivă atractivă	Perspectivă neatractivă	Scor Dotări Apartament
31	3	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.503**
32	3	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
33	3	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
34	3	0	0.283	0	0	0	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
35	3	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.647**
36	3	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
37	3	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	-0.063	**0.553**
38	3	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
39	4	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**
40	4	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.616**
41	4	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0	0	**0.503**
42	4	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
43	4	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
44	4	0	0.283	0	0	0	0	0	0.050	0.031	0	**0.364**
45	4	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.647**
46	4	0	0.283	0.164	0	0	0.006	0	0.050	0.031	0	**0.534**
47	4	0	0.283	0.164	0.113	0	0.006	0	0.050	0	-0.063	**0.553**
48	4	0	0.283	0	0	0.069	0	0	0.050	0	-0.063	**0.270**

6.2.5. EVALUAREA PARAMETRILOR DE MEDIU

Indicatorii de mediu evaluați pentru acest model decizional sunt orele de însorire și nivelul de zgomot. Pentru realizarea analizelor a fost utilizată platforma Autodesk Forma și aceleași configurații ce au fost utilizate și pentru realizarea modelului decizional prezentat în Subcapitolul 6.1. Evaluarea acestor parametri a implicat parcurgerea următorilor pași:

1. Realizarea modelului 3D schematic;
2. Realizarea analizelor de zgomot;
3. Realizarea analizelor de însorire;
4. Centralizarea datelor, normalizarea și ponderarea scorurilor;

Realizarea modelului 3D schematic

Modelul 3D a fost detaliat suplimentar față de etapa anterioară pentru a putea fi identificate apartamentele și pentru a putea obține rezultate mai precise, adaptate etapei mai avansate în care se află proiectul.

Realizarea analizelor de zgomot

După efectuarea analizelor de zgomot a fost evaluat zgomotul la nivelul fațadei pentru fiecare apartament. În *Figura 6.38* și *Figura 6.39* se poate observa faptul că există diferențe considerabile în ceea ce privește zgomotul între apartamentele orientate spre str. Ceyrat, principala sursă de zgomot, unde nivelul zgomotului ajunge chiar și la 56 dB și apartamentele orientate spre vest, unde nivelul zgomotului coboară până la 44 dB. Se mai poate observa faptul că în zonele expuse zgomotului există o tendință de scădere a nivelului de zgomot spre etajele superioare.



Figura 6.38. *Model 3D analitic cu evidențierea nivelului de zgomot în dB pentru fiecare apartament existent pe fațada estică (stânga) și nordică (dreapta).*

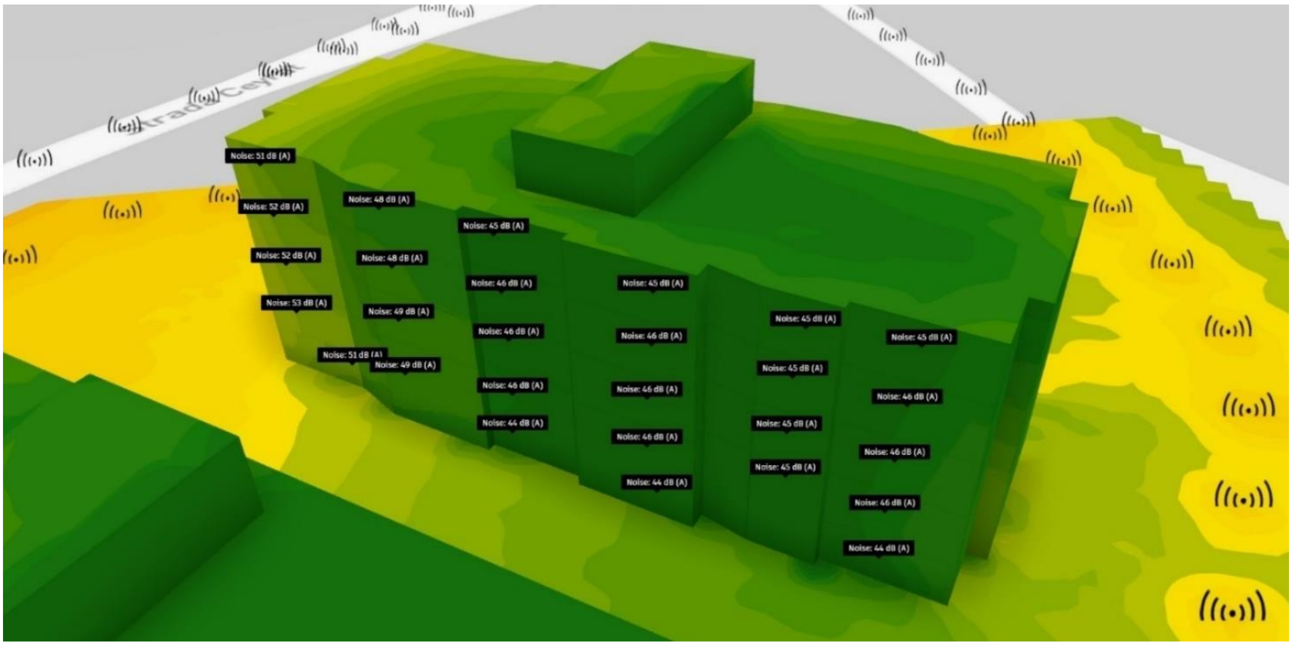


Figura 6.39. *Model 3D analitic cu evidențierea nivelului de zgomot în dB pentru fiecare apartament existent pe fațada vestică.*

Realizarea analizelor de însorire

După realizarea analizelor de însorire a fost evaluat numărul de ore de însorire la nivelul fațadei pentru fiecare apartament. În *Figura 6.40* și *Figura 6.41* poate fi observat faptul că la solstițiul de iarnă fațadele ce în mod normal ar fi trebuit să fie însorite pentru o perioadă mai îndelungată sunt parțial umbrite de clădirile învecinate. Un efect asemănător produc pe fațada vestică anumite părți ale clădirii ce sunt ieșite în consolă. Cele două fenomene cumulate determină pe fațada sudică și vestică, în special în zona parterului și etajului, suprafețe mari de fațadă ce nu beneficiază de nici o oră de lumină la solstițiul de iarnă.

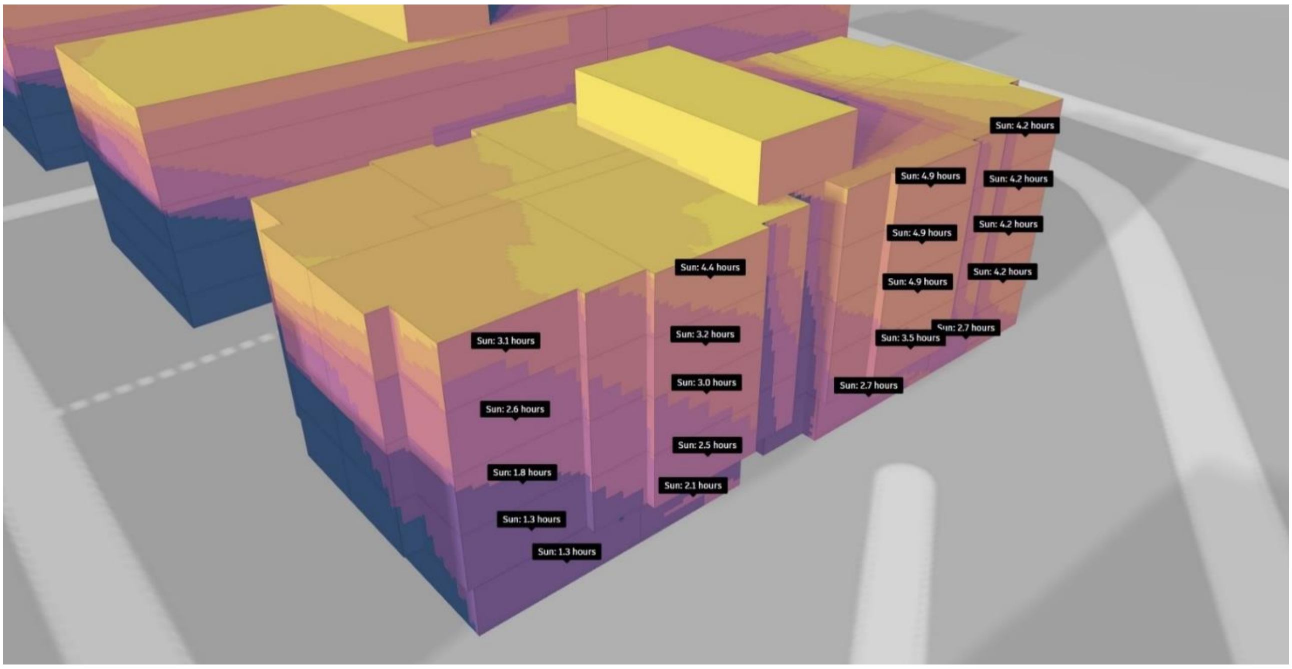


Figura 6.40. ***Model 3D analitic cu evidențierea orelor de însorire pentru fiecare apartament existent pe fațada estică (dreapta) și sudică (stânga).***

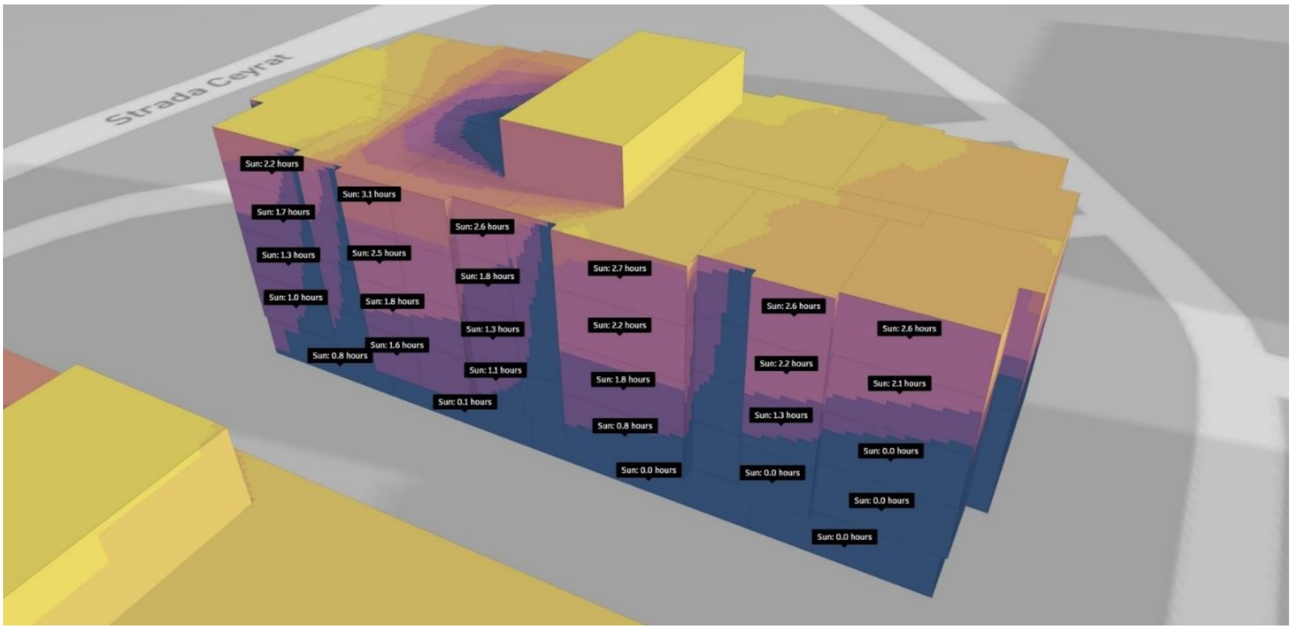


Figura 6.41. ***Model 3D analitic cu evidențierea orelor de însorire pentru fiecare apartament existent pe fațada vestică.***

Centralizarea datelor, normalizarea și ponderarea scorurilor

După centralizarea tuturor datelor, valorile obținute au fost normalizate. Pentru normalizarea scorurilor de însorire s-a utilizat 0 ca valoare minimă și 9 ca valoare maximă, deoarece la solstițiul de iarnă durata maximă de însorire este de 8 ore și 50 de minute (Observatorul Astronomic ”Amiral Vasilescu Urseanu”, 2024). Având în vedere faptul că ansamblul studiat este poziționat în mediu urban, lângă o arteră intens circulată, în cazul zgomotului a fost stabilită o valoare acceptabilă a nivelului de zgomot de 50 dB și în funcție de acest aspect a fost stabilită valoarea de 40dB ca valoarea minimă și cea de 60 dB ca valoare maximă pentru efectuarea normalizării.

După normalizare scorurile au fost ponderate cu ajutorul datelor obținute prin sondajul prezentat în Capitolul 5. În urma acestui sondaj a fost descoperit faptul că aproximativ 60% din cei ce au participat la sondaj consideră nivelul redus de zgomot ca fiind cel mai importat, în timp ce doar aproximativ 40% au considerat nivelul de însorire ca fiind cel mai important. Așadar, numărul celor pentru care este mai important nivelul de zgomot este cu 50% mai mare decât numărul celor care consideră însorirea ca fiind cea mai importantă. Rezultatele obținute în urma realizării celor două analize și scorurile normalizate și ponderate sunt centralizate în *Tabelul 6.38*.

Tabelul 6.38. ***Centralizarea scorurilor pentru însorire și zgomot.***

Nr. ap.	Etaj	Ore însorire (h)	Scor însorire normalizat	Scor însorire ponderat (S_L) (0.80)	Nivel zgomot (dB)	Scor zgomot normalizat	Scor zgomot ponderat (S_Z) (1.20)
1	P	2.1	0.233	**0.186**	50	0.500	**0.600**
2	P	1.3	0.144	**0.115**	50	0.500	**0.600**
3	P	0	0.000	**0.000**	44	0.800	**0.960**
4	P	0	0.000	**0.000**	44	0.800	**0.960**
5	P	0.1	0.011	**0.009**	44	0.800	**0.960**
6	P	0.8	0.089	**0.071**	51	0.450	**0.540**
7	P	2.7	0.300	**0.240**	56	0.200	**0.240**
8	P	2.7	0.300	**0.240**	55	0.250	**0.300**
9	1	2.5	0.278	**0.222**	51	0.450	**0.540**
10	1	1.3	0.144	**0.115**	51	0.450	**0.540**
11	1	0	0.000	**0.000**	46	0.700	**0.840**
12	1	0	0.000	**0.000**	45	0.750	**0.900**
13	1	0.8	0.089	**0.071**	46	0.700	**0.840**
14	1	1.1	0.122	**0.098**	46	0.700	**0.840**
15	1	1.6	0.178	**0.142**	49	0.550	**0.660**

Nr. ap.	Etaj	Ore însorire (h)	Scor însorire normalizat	Scor însorire ponderat (S_L) (0.80)	Nivel zgomot (dB)	Scor zgomot normalizat	Scor zgomot ponderat (S_Z) (1.20)
16	1	1	0.111	**0.089**	56	0.200	**0.240**
17	1	4.2	0.467	**0.374**	56	0.200	**0.240**
18	1	3.5	0.389	**0.311**	52	0.400	**0.480**
19	2	3	0.333	**0.266**	51	0.450	**0.540**
20	2	1.8	0.200	**0.160**	51	0.450	**0.540**
21	2	0	0.000	**0.000**	46	0.700	**0.840**
22	2	1.3	0.144	**0.115**	45	0.750	**0.900**
23	2	1.8	0.200	**0.160**	46	0.700	**0.840**
24	2	1.3	0.144	**0.115**	46	0.700	**0.840**
25	2	1.8	0.200	**0.160**	49	0.550	**0.660**
26	2	1.3	0.144	**0.115**	56	0.200	**0.240**
27	2	4.2	0.467	**0.374**	56	0.200	**0.240**
28	2	4.9	0.544	**0.435**	52	0.400	**0.480**
29	3	3.2	0.356	**0.285**	51	0.450	**0.540**
30	3	2.6	0.289	**0.231**	50	0.500	**0.600**
31	3	2.1	0.233	**0.186**	46	0.700	**0.840**
32	3	2.2	0.244	**0.195**	45	0.750	**0.900**
33	3	2.2	0.244	**0.195**	46	0.700	**0.840**
34	3	1.8	0.200	**0.160**	46	0.700	**0.840**
35	3	2.5	0.278	**0.222**	48	0.600	**0.720**
36	3	1.7	0.189	**0.151**	55	0.250	**0.300**
37	3	4.2	0.467	**0.374**	56	0.200	**0.240**
38	3	4.9	0.544	**0.435**	52	0.400	**0.480**
39	4	4.4	0.489	**0.391**	51	0.450	**0.540**
40	4	3.1	0.344	**0.275**	50	0.500	**0.600**
41	4	2.6	0.289	**0.231**	45	0.750	**0.900**
42	4	2.6	0.289	**0.231**	45	0.750	**0.900**
43	4	2.7	0.300	**0.240**	45	0.750	**0.900**
44	4	2.6	0.289	**0.231**	45	0.750	**0.900**
45	4	3.1	0.344	**0.275**	48	0.600	**0.720**
46	4	2.2	0.244	**0.195**	55	0.250	**0.300**
47	4	4.2	0.467	**0.374**	55	0.250	**0.300**
48	4	4.9	0.544	**0.435**	52	0.400	**0.480**

6.2.6. EVALUAREA FACILITĂȚILOR ȘI DOTĂRILOR CARTIERULUI

Evaluarea dotărilor cartierului a fost realizată având la bază conceptul orașului de 15 minute, ce are ca bază ideea că funcțiunile ce țin de necesitățile zilnice, cum sunt cumpărăturile, locul de muncă, spațiile educaționale, de recreere sau de sănătate, trebuie să poată fi accesate în cel mult 15 minute de mers pe jos sau cu bicicleta de la propria locuință (Carlos Moreno et al., 2024). Pentru a realiza acest lucru a fost definită zona ce poate fi accesată pietonal în 15 minute utilizând aplicația TravelTime, iar ulterior au fost identificate principalele facilități existente în zona respectivă din următoarele categorii: spații verzi, locuri de joacă, spații comerciale, spații medicale, spații educaționale, stații pentru mijloace de transport în comun. Totodată, au fost identificate și vecinătățile ce au impact vizual negativ cum sunt cimitirul și liniile de înaltă tensiune. Funcțiunile identificate în zona studiată pot fi observate în *Figura 6.42*.



Figura 6.42. *Harta cu poziția principalelor funcțiuni existente în zona accesibilă în 15 minute de mers pe jos. Adaptare după (TravelTime, 2024)*

Pentru calcularea scorului aferent facilităților cartierului a fost acordat câte un punct pentru fiecare categorie de facilitate ce există în zona studiată. Pentru vecinătățile ce au un impact vizual sau psihologic negativ a fost scăzut un punct, iar pentru poziția în oraș a fost

acordat un singur punct, deoarece acest cartier poate fi considerat periferic, chiar dacă este situat la o distanță de doar 2.3 km de centrul istoric al municipiului Oradea. Ulterior aceste scoruri au fost ponderate folosind datele obținute prin sondajul prezentat în Capitolul 5. Analizând rezultatele obținute (*Tabelul 6.39*), putem constata că acest cartier are un nivel ridicat de dotare, locuitorii având acces facil la principalele funcțiuni necesare pentru a avea asigurat un confort sporit.

Tabelul 6.39. ***Centralizarea facilităților cartierului și a scorului determinat de acestea.***

Facilitate cartier	Există DA/NU	Scor	Pondere criteriu	Scor ponderat
Centre comerciale	DA	1	17%	**0.170**
Spații medicale	DA	1	4.4%	**0.044**
Spații educaționale	DA	1	15.7%	**0.157**
Spații culturale	NU	0	0 %	**0**
Facilități sportive	NU	0	1.8%	**0**
Spații verzi	DA	1	27.7%	**0.277**
Loc de joacă	DA	1	4.4%	**0.044**
Transport în comun	DA	1	10.10%	**0.101**
Vecinătăți negative	DA	-1	8.20%	**-0.082**
Poziție oraș	Periferie	1	10.70%	**0.107**
TOTAL	**-**	**6**	**100%**	**0.818**

6.2.7. EVALUAREA APARTAMENTELOR DINTR-UN IMOBIL DE LOCUINȚE COLECTIVE FOLOSIND SISTEMUL DECIZIONAL FUZZY

După încheierea procesului de configurarea a tuturor sistemelor de inferență au fost evaluate pe rând toate apartamentele. Scorurile obținute de fiecare apartament în parte pentru fiecare parametru și scorul final pot fi studiate în *Tabelul 6.40*. În tabel au fost introduse valorile reale ale parametrilor de spațiu și mediu și nu scorurile normalizate și/sau ponderate pentru a ușura interpretarea rezultatelor. În cazul dotărilor au fost inserate în tabel scorurile ponderate pentru a scoate mai bine în evidență măsura în care sunt satisfăcute aspectele ce țin de compartimentare și nivelul de confort al apartamentului.

Tabelul 6.40. ***Centralizarea scorurilor fuzzy pentru toate variabilele de intrare***

Nr. ap.	Etaj	Nr. camere	Arie utilă	Arie terasă	Înălțime interioară	Scor Fuzzy Spațiu (Scor_Sp)	Scor Dotări Apartament	Scor facilități cartier	Scor Fuzzy Dotări (Scor_D)	Ore însorire	Nivel zgomot	Scor Fuzzy Mediu (Scor_M)	Scor Final (Scor_Ap)
			mp	mp	m	-	-	-	-	h	dB	-	-
1	P	1	31.48	3.89	2.70	13.3	0.270	0.818	51.9	2.1	50	42	35.4
2	P	2	47.22	6.93	2.70	22.5	0.616	0.818	71.7	1.3	50	38.6	45.6
3	P	3	54.7	6.93	2.70	20	0.534	0.818	64.2	0	44	50	45.1
4	P	3	65.34	6.66	2.70	30	0.534	0.818	64.2	0	44	50	46.6
5	P	2	51.58	3.06	2.70	30	0.528	0.818	64.2	0.1	44	50	46.6
6	P	3	54.69	6.93	2.70	20	0.534	0.818	64.2	0.8	51	32.1	38.1
7	P	2	47.22	6.93	2.70	22.5	0.553	0.818	65.8	2.7	56	30	37.4
8	P	3	46.58	5.94	2.70	2.57	0.270	0.818	51.9	2.7	55	30.7	30
9	1	3	48.02	9.47	2.70	8.51	0.270	0.818	51.9	2.5	51	40	33
10	1	2	50.85	9.98	2.70	30	0.616	0.818	71.7	1.3	51	34.5	44.3
11	1	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.503	0.818	64.2	0	46	43.2	43.6
12	1	1	32.41	2.49	2.70	17.3	0.534	0.818	64.2	0	45	46.3	43
13	1	3	55.23	4.53	2.70	20	0.364	0.818	58.9	0.8	46	45.8	42.4
14	1	2	38.17	2.49	2.70	2.51	0.364	0.818	58.9	1.1	46	47.4	33.1
15	1	1	32.41	2.24	2.70	17.3	0.647	0.818	74.2	1.6	49	42.2	44.3
16	1	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.534	0.818	64.2	1	56	16.6	35.9
17	1	2	53.85	9.98	2.70	31.4	0.553	0.818	65.8	4.2	56	34.9	42.2
18	1	3	50.25	9.47	2.70	14.4	0.270	0.818	51.9	3.5	52	41.4	36
19	2	3	48.02	9.47	2.70	8.51	0.270	0.818	51.9	3	51	40	33
20	2	2	50.85	9.98	2.70	30	0.616	0.818	71.7	1.8	51	36.8	45.4
21	2	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.503	0.818	64.2	0	46	43.2	43.6
22	2	1	32.41	2.49	2.70	17.3	0.534	0.818	64.2	1.3	45	50.6	43
23	2	3	55.23	4.53	2.70	20	0.364	0.818	58.9	1.8	46	50	42.4
24	2	2	38.17	2.49	2.70	2.51	0.364	0.818	58.9	1.3	46	48.1	33.1
25	2	1	32.41	2.24	2.70	17.3	0.647	0.818	74.2	1.8	49	42.9	44.8
26	2	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.534	0.818	64.2	1.3	56	19.1	35.9
27	2	2	53.85	9.98	2.70	31.4	0.553	0.818	65.8	4.2	56	34.9	42.2
28	2	3	50.25	9.47	2.70	14.4	0.270	0.818	51.9	4.9	52	48.3	36
29	3	3	48.02	9.47	2.70	8.51	0.270	0.818	51.9	3.2	51	40	33
30	3	2	50.85	9.98	2.70	30	0.616	0.818	71.7	2.6	50	43.7	49.1
31	3	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.503	0.818	64.2	2.1	46	51.5	45.9
32	3	1	32.41	2.49	2.70	17.3	0.534	0.818	64.2	2.2	45	55.1	43.8

Nr. ap.	Etaj	Nr. camere	Arie utilă	Arie terasă	Înălțime interioară	Scor Fuzzy Spațiu (Scor_Sp)	Scor Dotări Apartament	Scor facilități cartier	Scor Fuzzy Dotări (Scor_D)	Ore însorire	Nivel zgomot	Scor Fuzzy Mediu (Scor_M)	Scor Final (Scor_Ap)
			mp	mp	m	-	-	-	-	h	dB	-	-
33	3	3	55.23	4.53	2.70	20	0.364	0.818	58.9	2.2	46	52.1	40.2
34	3	2	38.17	2.49	2.70	2.51	0.364	0.818	58.9	1.8	46	50	33.1
35	3	1	32.41	2.24	2.70	17.3	0.647	0.818	74.2	2.5	48	50	47.6
36	3	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.534	0.818	64.2	1.7	55	23.2	35.9
37	3	2	53.85	9.98	2.70	31.4	0.553	0.818	65.8	4.2	56	34.9	42.2
38	3	3	50.25	9.47	2.70	14.4	0.270	0.818	51.9	4.9	52	48.3	36
39	4	3	48.02	9.47	2.70	8.51	0.270	0.818	51.9	4.4	51	45.8	33
40	4	2	50.85	9.98	2.70	30	0.616	0.818	71.7	3.1	50	43.7	49.1
41	4	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.503	0.818	64.2	2.6	45	56.3	47.6
42	4	1	32.41	2.49	2.70	17.3	0.534	0.818	64.2	2.6	45	56.3	44.7
43	4	3	55.23	4.53	2.70	20	0.364	0.818	58.9	2.7	45	56.3	44.4
44	4	2	38.17	2.49	2.70	2.51	0.364	0.818	58.9	2.6	45	56.3	35.1
45	4	1	32.41	2.24	2.70	17.3	0.647	0.818	74.2	3.1	48	50	47.6
46	4	2	45.65	9.98	2.70	21.3	0.534	0.818	64.2	2.2	55	28.4	35.9
47	4	2	53.85	9.98	2.70	31.4	0.553	0.818	65.8	4.2	55	35.7	42.5
48	4	3	50.25	9.47	2.70	14.4	0.270	0.818	51.9	4.9	52	48.3	36

6.2.8. INTERPRETAREA REZULTATELOR OBȚINUTE

Pentru a demonstra funcționarea sistemului decizional poate fi observat apartamentul 8 ce a obținute cel mai mic scor (*Figura 6.43*). Acest apartament are trei camere și a obținut un Scor Spațiu (Scor_Sp) 2.57, deoarece are doar 46.58 m^2 utili față de cei 66 m^2 pe care trebuia să îi aibă în mod normal un apartament cu trei camere. Ulterior putem observa apartamentul 9 care are tot trei camere și o arie utilă de 48.02 m^2, dar are o terasă de 9.46 m^2. Datorită acestor diferențe a obținut un scor pentru spațiu 8.51. Cele două apartamente au același scor în ceea ce privește aspectele legate de dotarea apartamentului, însă se diferențiază în ceea ce privește parametrii de confort vizual și auditiv, în sensul că apartamentul 8 este însorit 2.7 ore, dar are un nivel de zgomot de 55 dB, în timp ce apartamentul 9 este însorit doar 2.5 ore și are un nivel de zgomot de 51 dB. Așadar, datorită faptului că apartamentul 9 are un nivel mai redus de zgomot, a obținut un scor pentru mediu (Scor_M) 40, în timp ce apartamentul 8 a obținut scorul pentru mediu 30.7. Scorul final (Scor_Ap) a fost 30 pentru apartamentul 8 și 33 pentru apartamentul 9. Se poate constata că scorul final a surprins

diferențele existente între cele două apartamente, chiar dacă în privința anumitor parametri există diferențe relativ mici.

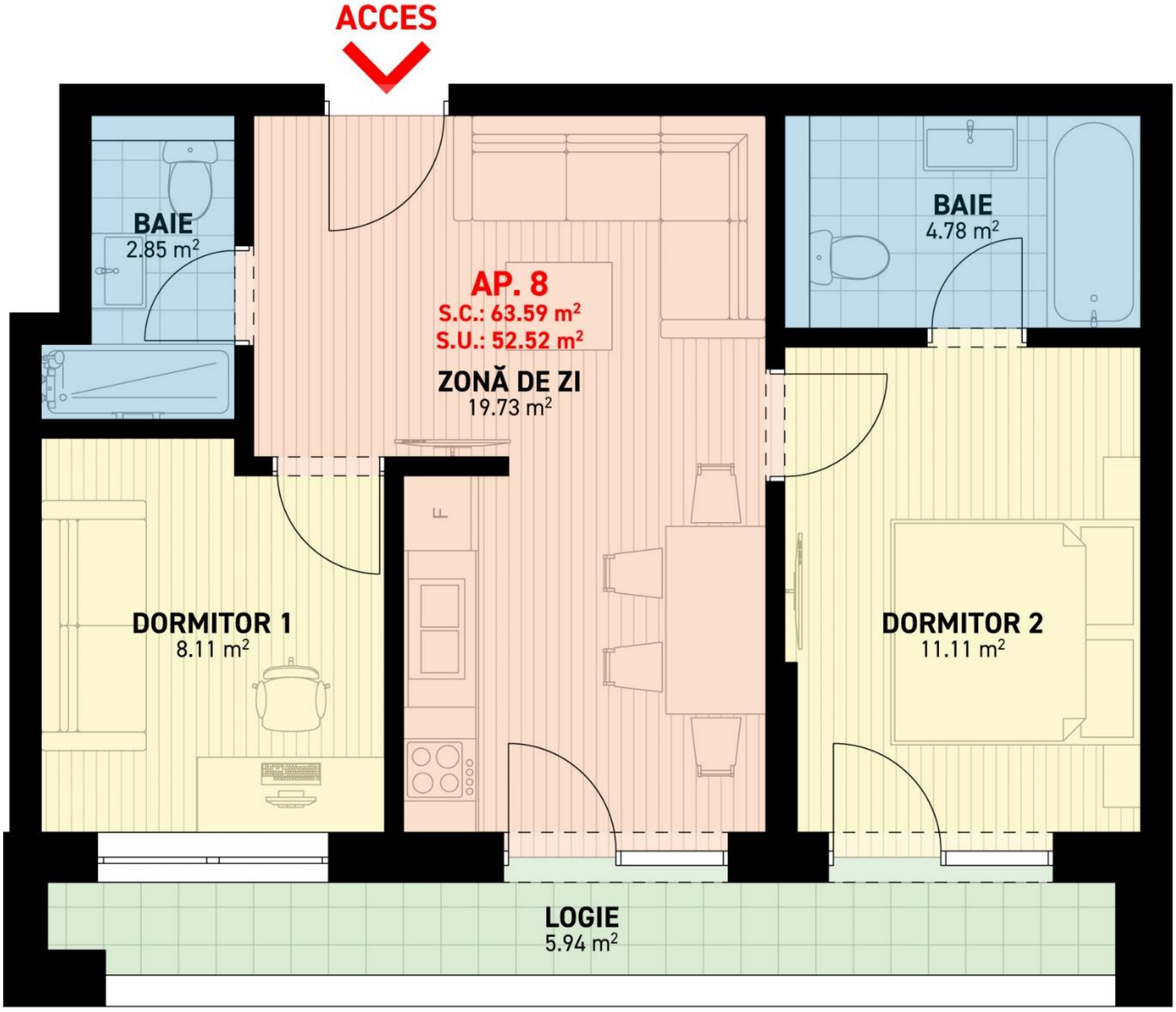


Figura 6.43. *Planul apartamentului 8 – apartamentul ce a obținut cel mai mic scor. (Redesenat după planurile autorului proiectului S.C. A.D.L. Architecture&Design S.R.L.)*

Dacă privim în extrema cealaltă putem evalua apartamentele 10, 20, 30 și 40 (*Figura 6.44*) ce sunt identice ca planimetrie, însă din cauza poziționării la etaje diferite, apartamentele 10 și 20 sunt umbrite pentru mai mult timp la solstițiul de iarnă. Prin urmare, apartamentul 10 ce este situat la etajul unu beneficiază de doar 1.3 ore de lumină, iar apartamentul 20 ce este situat la etajul 2 beneficiază de 1.8 ore de lumină. Ca urmare a acestor diferențe apartamentul 10 a obținut un Scor Mediu (Scor_M) 34.5 și un scor final (Scor_Ap) 44.3, în timp ce apartamentul 20 a obținut un Scor Mediu (Scor_M) 36.8 și un scor final (Scor_Ap) 45.4. Spre deosebire de celelalte două apartamente, apartamentele 30 și 40 ce sunt poziționate la etajele 3 și 4 ale clădirii, nu sunt umbrite la solstițiul de iarnă de clădirile învecinate și prin urmare, beneficiază de 2.6 ore de lumină, iar poziționarea la etajele superioare a determinat și o reducere a nivelului de zgomot de la 51dB la 50 dB. Prin

urmare, apartamentele 30 și 40 au reușit să obțină Scorul Mediu (Scor_M) 43.7 și Scorul Final (Scor_Ap) 49.1, acesta fiind cel mai ridicat scor din întreaga construcție studiată.

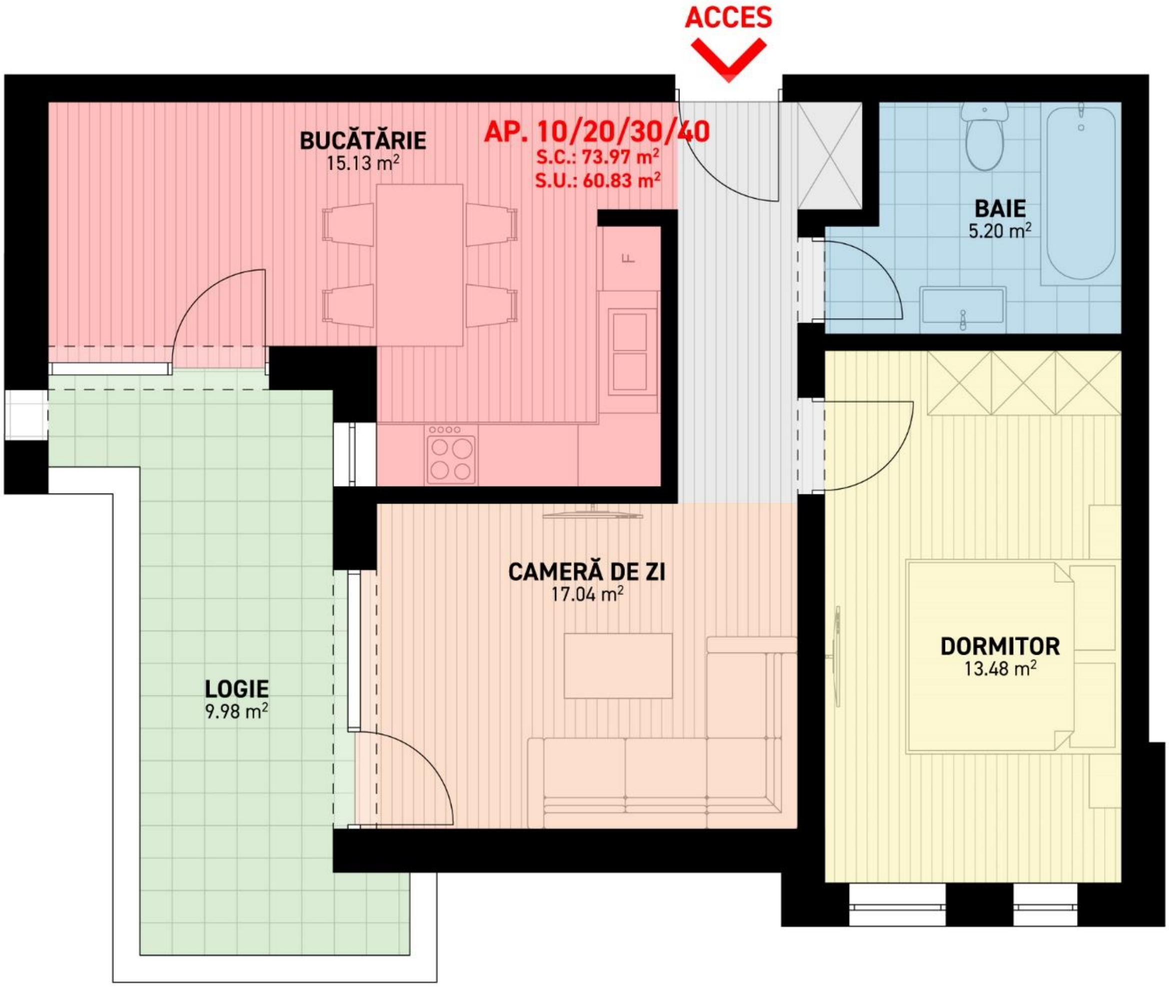


Figura 6.44. *Planul apartamentelor 10,20,30 și 40 – apartamentele 30 și 40 au obținut cel mai mare scor (Redesenat după planurile autorului proiectului S.C. A.D.L. Architecture&Design S.R.L.).*

6.3. CONCLUZII

OSS 6.1. și OSS 6.2. Concluzii privind sistemele decizionale utilizate pentru evaluarea multicriterială a construcțiilor;

Utilizarea sistemelor de inferență fuzzy arborescente a permis evaluarea mai rapidă a soluțiilor decât în cazul în care ar fi fost folosite mai multe sisteme de inferență Mamdani individuale. Cu ajutorul acestui sistem de inferență au putut fi obținute aproape instant rezultatele pentru fiecare variantă de proiect sau apartament în parte.

În ceea ce privește funcțiile de apartenență pentru variabilele de intrare a fost constatat faptul că atunci când se utilizează doar trei grade lingvistice, sistemul de inferență nu are precizia necesară pentru obținerea unor scoruri finale sensibile la modificările aduse variabilelor de intrare. Același lucru a fost observat și în ceea ce privește funcțiile de apartenență pentru variabilele de ieșire. În cazul acestora s-a optat pentru utilizarea a 11

grade lingvistice, deoarece creșterea numărului de grade lingvistice pentru variabilele de ieșire nu determină și creșterea numărului de reguli, dar contribuie la obținerea unor rezultate mai precise.

Normalizarea scorurilor pentru fiecare variabilă de intrare a ușurat procesul de configurare a sistemelor de inferență deoarece nu au mai trebuit stabilite limite minime și maxime diferite pentru fiecare variabilă de intrare.

Prin ponderarea scorurilor a fost ușurat procesul de definire a regulilor fuzzy pentru sistemele de inferență din prima etapă, deoarece importanța criteriilor a fost definită prin ponderarea scorurilor. Astfel nu a mai fost necesară definirea importanței variabilelor de intrare prin modul de definire a regulilor lingvistice.

În cazul sistemelor de inferență cumulative regulile au fost definite astfel încât să surprindă importanța fiecărei variabile de intrare. Procesul de definire a regulilor a fost ușurat considerabil prin utilizarea unor formule simple în cadrul Google Sheets. În urma testelor realizate a fost constatat că această metodă de definire a regulilor funcționează, deoarece scorurile finale erau mai puternic influențate de modificările aduse variabilelor de intrare cărora le-a fost acordată o importanță mai ridicată. Un alt avantaj al acestei metode de definire a regulilor îl constituie faptul regulile pot fi reconfigurate cu foarte mare ușurință în funcție de obiectivele beneficiarului sau proiectantului.

OSS 6.3. – Concluzii privind utilizarea platformelor de proiectare generativă pentru realizarea a trei proiecte alternative pentru un ansamblu rezidențial existent;

În ceea ce privește platformele utilizate în procesul de proiectare și evaluare a soluțiilor au fost constatate următoarele aspecte:

- Platformele ce au funcțiuni de proiectare generativă, cu ajutorul cărora se generează automat soluții, ușurează foarte mult procesul de proiectare, deoarece în mai puțin de o zi au putut fi realizate trei soluții ce conțineau pe lângă modelul 3D și o serie de indicatori cantitativi și economici. Astfel beneficiarul poate avea la dispoziție într-un timp foarte scurt, mai multe soluții tehnico-economice, care să-i permită să ia decizii informate cu privire la realizarea unei investiții;
- Platformele de proiectare generativă se află încă în stadii incipiente de dezvoltare, motiv pentru care majoritatea soluțiilor generate au avut diferite anomalii ce au trebuit corectate prin modelare manuală;
- Din cauza problemelor de interoperabilitate pe care le are platforma 3D CityPlanner a fost necesară remodelarea manuală a proiectului în platforma Autodesk Forma. Această situație validează rezultatele obținute în Capitolul 4.7., unde în urma evaluărilor realizate cu ajutorul modelului fuzzy a rezultat faptul că platforma 3D CityPlanner are cel mai mic scor pentru funcțiile de interoperabilitate;

OSS 6.4. – Concluzii privind utilizarea platformelor de analiză pentru evaluarea parametrilor de mediu și sustenabilitate ai proiectului existent și a proiectelor propuse;

Platformele de analiză au facilitat evaluarea rapidă a soluțiilor proiectate și identificarea principiilor de amplasare a construcțiilor pe teren, ce asigură un nivel de însorire mai ridicat și un nivel de zgomot mai redus. În acest fel, proiectele pot fi îmbunătățite cu ușurință în vederea creșterii nivelului de confort al locuitorilor.

Faptul că platformele de analiză pot realiza simulările într-un timp foarte scurt a permis testarea mai multor soluții constructive pentru a identifica varianta ce are un impact mai scăzut asupra mediului.

Creșterea accesului la acest tip de analize va determina implicarea unui număr tot mai mare de arhitecți în procese de optimizare a amprentei de carbon a construcțiilor proiectate;

OSS 6.5. – Concluzii privind evaluarea nivelului de confort și a compartimentării apartamentelor din cadrul unei construcții situate în ansamblul studiat;

Apartamentele din imobilul de locuințe colective studiat au un nivel de confort scăzut atât din punct de vedere al parametrilor spațiali, cât și în ceea ce privește compartimentarea.

În ceea ce privește parametrii spațiali a fost constatat că doar 8.33% dintre apartamente respectă suprafețele minime prevăzute de legislația în vigoare. În medie apartamentele sunt mai mici cu 13.88% decât minimul prevăzut de lege, dar există și apartamente ce sunt mai mici cu 29.42%. Din cauza acestei situații, unele apartamente ce sunt vândute drept apartamente cu trei camere, au o suprafață utilă mai mică decât unele apartamente cu două camere.

În ceea ce privește compartimentarea a fost observat faptul că niciunul dintre apartamente nu are baie ventilată, că 31.25% dintre apartamente nu au cameră de zi ventilată și că doar 31.25% dintre apartamente are bucătărie închisă.

OSS 6.6. – Concluzii privind evaluarea facilităților cartierului în care se află ansamblul studiat;

Cartierul în care se află ansamblul studiat beneficiază de facilitățile pe care le consideră importante locuitorii, dar are dezavantajul că are în proximitate elemente ce au un impact vizual și psihologic negativ, cum sunt cimitirul și liniile de înaltă tensiune.

OSS.6.7. – Concluzii privind testarea sistemelor decizionale prin evaluarea proiectului real și a proiectelor realizate cu ajutorul platformelor de proiectare generativă;

În ceea ce privește sistemului decizional utilizat pentru evaluarea multicriterială a ansamblurilor de construcții rezidențiale a fost constatat faptul că sistemul decizional dezvoltat îi oferă proiectantului sau beneficiarului posibilitatea să identifice cea mai bună soluție chiar și atunci când fiecare soluție are cel mai bun scor doar pentru un singur parametru.

Faptul că evaluarea soluțiilor se realizează în fracțiuni de secundă îl ajută pe proiectant să identifice foarte rapid soluțiile performante, iar în urma corelării scorurilor cu rezultatele analizelor cantitative și calitative, poate fi identificat modul în care diferite configurații ale ansamblului influențează performanța locală sau generală a proiectului. Astfel proiectantul poate identifica cu ușurință modalitățile prin care poate fi îmbunătățit proiectul atât din punct de vedere al parametrilor cantitativi, cât și al celor calitativi.

Analizând rezultatele obținute se poate concluziona că sistemul decizional utilizat pentru evaluarea multicriterială a apartamentelor funcționează corespunzător, deoarece toate sistemele de inferență integrate în sistemul de inferență arborescent surprind diferențele ce apar între apartamente în urma modificării valorilor variabilelor de intrare. Se poate observa că scorul apartamentelor identice ca planimetrie se modifică atunci când parametrii de însorire și zgomot se modifică. De asemenea, se poate observa faptul că scorul apartamentelor diferă și în funcție de suprafața acestora sau de scorul obținut pentru compartimentarea apartamentului.

Prin urmare, acest sistem decizional, ce utilizează logica fuzzy, poate constitui un instrument versatil pentru evaluarea proiectelor în fazele de proiectare, dar și în faza de vânzare, când dezvoltatorul poate utiliza aceste scoruri pentru a ajusta prețurile apartamentelor sau în scopuri de promovare.

Ambele sisteme decizionale sunt flexibile și pot fi adaptate cu ușurință la necesitățile specifice fiecărui proiect. Totodată, ele pot fi dezvoltate astfel încât să cuprindă mai mulți parametri în procesul de evaluar

7. CONCLUZII

7.1. CONCLUZII FINALE

Studiile și experimentele realizate în cadrul acestei lucrări au determinat atingerea obiectivului general al lucrării ce urmărea **dezvoltarea unor modele decizionale pentru evaluarea soluțiilor proiectate, în vederea optimizării acestora încă din fazele inițiale ale proiectului, astfel încât să poată fi obținute construcții cu caracteristici superioare, ce satisfac într-o măsură cât mai ridicată atât nevoile investitorilor cu privire la indicatorii economici, cât și cele ale beneficiarilor cu privire la calitatea locuirii.** Pentru a demonstra atingerea acestui obiectiv general va fi descris pe scurt modul în care au fost atinse cele două obiective principale derivate din obiectivul general.

În ceea ce privește **îmbunătățirea capacității de evaluare și optimizare a soluțiilor proiectate** aceste deziderate au putut fi atinse prin utilizarea platformelor de proiectare generativă și analiză și cu ajutorul modelelor decizionale bazate pe logica fuzzy.

Utilizarea platformelor de proiectare generativă a facilitat generarea mai multor variante de proiecte într-un interval scurt de timp, în timp ce platformele de analiză au contribuit la efectuarea unor analize multicriteriale asupra proiectelor, încă din stadiul schematic în care se aflau. Modelele decizionale fuzzy, ce au fost dezvoltate în cadrul acestor cercetări, au capacitatea de a prelucra multiplele variabile de intrare într-un interval foarte scurt de timp, permițând astfel evaluarea multicriterială rapidă a mai multor soluții proiectate. Spre exemplu, în modelele decizionale din această lucrare au fost evaluați șapte, respectiv opt parametri în doar 2-3 secunde. Așadar, eficiența acestor sisteme depășește de departe capacitatea umană de prelucrare a informației, contribuind astfel la **îmbunătățirea capacității de evaluare și optimizare a soluțiilor proiectate**.

În ceea ce privește **îmbunătățirea indicatorilor de performanță cantitativi, calitativi și de sustenabilitate** au jucat un rol important atât platformele de analize, ce au facilitat evaluarea rapidă a soluțiilor proiectate, cât și modelele decizionale fuzzy. Acestea au determinat îmbunătățirea indicatorilor de performanță prin faptul că scorurile obținute în urma evaluării fiecărei grupe de parametri au facilitat identificarea parametrilor neperformanți. Astfel proiectantul are posibilitatea să studieze soluțiile proiectate doar din perspectiva indicatorilor neperformanți și să aducă modificări țintite în vederea optimizării soluțiilor proiectate.

Capacitatea programelor de proiectare generativă, a celor de analiză și a modelelor decizionale fuzzy de a îmbunătăți indicatorii de performanță este cel mai bine demonstrată însă de rezultatele obținute în urma evaluărilor făcute. În urma evaluărilor realizate cu

ajutorul modelelor decizionale fuzzy, variantele propuse au reușit să aibă scorul cel mai ridicat la cinci din cele șase grupe de criterii. Varianta propusă a reușit să ia scorul cel mai ridicat doar pentru criteriile cantitative ce implicau evaluarea soluției din punct de vedere al numărului de apartamente și de parcări. Scorul cel mai mare pentru acest criteriu s-a datorat faptului că în anumite construcții majoritatea apartamentelor existente (91.67%) nu respectă prevederile legale cu privire la suprafața minimă, diferența dintre suprafața legală și cea reală variind între 0.81% și 29.42%. Studiile efectuate au identificat faptul că dacă în proiectul real apartamentele ar fi avut suprafețele legale, proiectul real ar fi obținut și pentru criteriile cantitative scor mai mic decât două din cele trei variante propuse.

Având în vedere aceste aspecte, putem considera că metodologia și instrumentele utilizate au determinat **îmbunătățirea indicatorilor de performanță cantitativi, calitativi și de sustenabilitate.**

OS 1 – Concluzii privind etapele unui proiect, indicatorii de performanță utilizați în proiectare și modul în care pot fi evaluați acești indicatori cu ajutorul modelelor decizionale fuzzy

Între metodele de etapizare a proiectelor au fost constatate diferențe în special în ceea ce privește modul de fragmentare a proiectului. Unele sisteme de etapizare consideră proiectarea o singură etapă, în timp ce alte sisteme, cum este cel propus de Ordinul Arhitecților din România, împart proiectarea în șase etape distincte. Majoritatea acestor sisteme menționează că în etapele inițiale ale proiectului nu este necesară implicarea echipei de proiectare, deoarece au loc activități pregătitoare, cum ar fi întocmirea temei de proiectare, prin care se stabilesc obiectivele proiectului.

Etapele inițiale de proiectare au însă o importanță deosebită deoarece în aceste etape pot fi aduse modificări cu impact semnificativ asupra proiectului, dar cu eforturi minime. În aceste condiții, este foarte important ca în etapele inițiale de proiectare să fie utilizate instrumentele de proiectare generativă și analiză ce facilitează generarea și evaluarea rapidă a mai multor soluții.

Acest aspect este cu atât mai important cu cât construcțiile sunt nevoite să satisfacă tot mai multe exigențe complexe, ce au în anumite situații obiective contradictorii. Aceste noi exigențe pe care trebuie să le satisfacă mediul construit țin în special de aspectele de sustenabilitate, performanță energetică și bunăstarea utilizatorilor. Astfel procesul de evaluare a construcțiilor se complică și intervine necesitatea utilizării unor instrumente care să faciliteze evaluarea multicriterială a proiectelor. Sistemele bazate pe logica fuzzy pot contribui la acest aspect, existând multiple aplicații în care aceste sisteme au fost utilizate în domeniul construcțiilor, în procese decizionale sau în realizarea unor automatizări sau controlere.

OS 2 – Concluzii privind tehnicile și programele utilizate în proiectare și modul în care sunt evaluate acestea

Tehnicile și programele utilizate în proiectare se află într-o continuă dezvoltare, fiind urmărită integrarea tehnologiilor de proiectare computațională, dar și a celor de inteligență artificială.

Noile programe sau platforme ce au fost dezvoltate pentru sectorul construcțiilor sunt specializate pe anumite funcții ce vin să completeze funcțiile programelor BIM, în care se derulează cea mai mare parte a proiectului. Aceste programe pot fi de proiectare generativă, analiză, simulare, vizualizare sau coordonare. Ele contribuie în diferite moduri la eficientizarea procesului de proiectare, dar și a proiectului în ansamblu, deoarece ajută la înțelegerea și evaluarea proiectului, la reducerea erorilor de proiectare, la reducerea depășirilor de buget și a termenelor estimate inițial.

Pentru evaluarea acestor programe pot fi utilizate o multitudine de modele de evaluare, dar este recomandată utilizarea standardului internațional ISO 25010 datorită faptului că acest sistem de evaluare înglobează majoritatea caracteristicilor ce pot fi evaluate în prezent la un program de calcul, iar studiile realizate de alți autori au evidențiat complexitatea acestui model în comparație cu altele.

OS. 3 – Concluzii privind evaluarea platformelor de proiectate utilizate în etapele inițiale de proiectare

Platformele de proiectare ce pot fi utilizate în etapele inițiale de proiectare conțin funcții de proiectare generativă și simulare care permit generarea unui număr mare de soluții, într-un timp foarte scurt, dar și evaluarea multicriterială a acestora. Aceste platforme au interfețe intuitive, prietenoase cu utilizatorul, fiind astfel ușor de utilizat și de către arhitecții care nu au cunoștințe avansate de programare, matematică sau fizică. Astfel este ușurat accesul majorității arhitecților la instrumente de proiectare generativă și analiză.

Aceste platforme prezintă însă anumite limitări ce sunt specifice unor programe aflate în stadii incipiente de dezvoltare. Principalele probleme constatate țin de interoperabilitate, de numărul mare de soluții generate cu anomalii și de lipsa funcțiilor de analiză și simulare în cazul anumitor platforme.

OS 4 – Concluzii privind factorii importanți pentru clienții și dezvoltatorii ansamblurilor de construcții rezidențiale

În urma sondajelor și a analizelor statistice a fost constatat faptul că pentru clienți sunt cei mai importanți parametrii ce țin de confortul interior al apartamentului (însorirea, zgomotul, compartimentarea și spațiul), în timp ce parametrii ce țin de exteriorul apartamentului au o importanță mai redusă (poziția cartierului în oraș și facilitățile acestuia).

De cealaltă parte, dezvoltatorii imobiliari consideră că prețul apartamentelor este cel mai mult influențat de poziția în oraș și de calitatea lucrărilor executate. Pentru evaluarea proiectelor aceștia utilizează cel mai mult indicatori de performanță cantitativi cum ar fi atingerea coeficienților urbanistici maximi, creșterea performanței energetice și reducerea timpilor de execuție.

Există, așadar, o anumită discrepanță între ceea ce urmăresc dezvoltatorii, ceea ce consideră aceștia că influențează cel mai mult prețul apartamentelor și ceea ce își doresc clienții de la un spațiu de locuit.

OS 5 – Concluzii privind modelul decizional bazat pe mulțimi fuzzy dezvoltat pentru evaluarea platformelor de proiectare

Modelul decizional dezvoltat pentru evaluarea platformelor de proiectare și-a dovedit utilitatea prin faptul că a permis identificarea celei mai bune platforme în ceea ce privește toate funcțiile, dar și a platformelor care sunt cele mai bune doar pentru anumite funcții. Astfel proiectantul are posibilitatea să identifice cu ușurință platforma care satisface cel mai bine nevoile biroului de proiectare.

Acest model decizional are avantajul că poate fi utilizat și pentru evaluarea altor programe de proiectare generativă și analiză disponibile pe piață.

În cazul acestuia au fost utilizate cinci variabile de intrare și cinci grade lingvistice, iar acest lucru a făcut ca sistemul de inferență să aibă 3125 de reguli. Din această cauză, sistemului de inferență îi ia între 15 și 20 de minute pentru a calcula scorul unui program. Așadar, dezavantajul acestui model decizional îl reprezintă faptul că, pentru a cuprinde și alte variabile de intrare este necesară regândirea lui sub forma unui sistem de inferență fuzzy arborescent, de tipul celor utilizate pentru evaluarea construcțiilor.

OS 6 – Concluzii privind modelele decizionale bazate pe mulțimi fuzzy dezvoltate pentru evaluarea construcțiilor în funcție de diverși parametri cantitativi și calitativi

Utilizarea sistemelor de inferență fuzzy arborescente a permis conectarea mai multor sisteme de inferență într-unul singur. Astfel a devenit posibilă gruparea parametrilor evaluați în mai multe sisteme de inferență pentru a simplifica procesul de configurare a acestora. Prin utilizarea acestei metode a putut fi observat modul în care influențează variabilele de intrare scorurile tuturor sistemelor de inferență. Acest lucru contribuie atât la configurarea sistemului de inferență, cât și la evaluarea mai rapidă a soluțiilor.

Normalizarea și ponderarea scorurilor înainte de introducerea lor în sistemul de inferență fuzzy a determinat, de asemenea, simplificarea sistemului de inferență și procesul de configurare a acestuia. Prin utilizarea acestei strategii devine posibilă reutilizarea aceluiași sistem și pentru evaluarea altor proiecte, fără a mai fi necesară reconfigurarea lui.

Ambele sisteme și-au demonstrat utilitatea și funcționalitatea prin faptul că au permis identificarea celor mai bune soluții, chiar dacă au fost evaluate 4 sau 48 de soluții și chiar dacă
au fost utilizați pentru evaluare atât parametri calitativi, cât și parametri cantitativi.

Așadar, modelele decizionale bazate pe logica fuzzy reprezintă un instrument ce îi oferă proiectantului posibilitatea să evalueze multicriterial proiecte de diferite dimensiuni, în diferite etape ale proiectului, utilizând atât parametri calitativi, cât și parametri cantitativi.

7.2. CONTRIBUȚII PERSONALE

7.2.1. CONTRIBUȚII PERSONALE LA NIVEL TEORETIC

- Studierea particularităților pe care le au diferite modele de etapizare a proiectului cu privire la activitățile desfășurate în etapele inițiale de proiectare.
- Analiza indicatorilor cheie de performanță utilizați în proiectare din perspectiva standardelor naționale sau internaționale.
- Analiza modalităților prin care sunt utilizate sistemele de inferență fuzzy în domeniul construcțiilor.
- Analiza privind evoluția programelor și tehnicilor de proiectare și identificarea rolului platformelor de proiectare generativă în această evoluție.
- Analiza privind clasificarea programelor utilizate în proiectare în vederea încadrării noilor platforme de proiectare generativă.
- Analiza privind metodele de evaluare a programelor în vederea identificării parametrilor incluși în modelul decizional fuzzy utilizat pentru evaluarea funcțiilor platformelor de proiectare.
- Analiza privind platformele de proiectare generativă disponibile pe piață.
- Identificarea și analizarea funcțiilor și limitărilor noilor platforme de proiectare generativă.
- În urma sondajelor efectuate asupra publicului larg a fost determinată importanța pe care o au la nivel local parametrii ce țin de suprafață, mediu, sustenabilitate, confort, de compartimentarea apartamentului și de facilitățile cartierului.
- În urma analizei statistice efectuate pe același sondaj au putut fi determinate caracteristicile unei construcții de locuit pentru care oamenii sunt dispuși să plătească mai mult și cu cât.
- În urma sondajelor efectuate asupra dezvoltatorilor au fost determinați indicatorii de performanță pe care îi utilizează aceștia cel mai frecvent în evaluarea performanței proiectelor.

- Ulterior, prin analiză statistică, au fost determinați parametrii ce influențează cel mai mult prețul construcțiilor de locuit din perspectiva dezvoltatorilor.
- În urma sondajelor la care au participat arhitecții au fost determinate implicațiile pe care le are realizarea variantelor suplimentare asupra performanței proiectului, programele pe care arhitecții le utilizează, eficiența acestor programe și intenția de a integra în activitatea biroului programele de proiectare generativă și analiză.

7.2.2. CONTRIBUȚII PERSONALE LA NIVEL APLICATIV

- Evaluarea funcțiilor platformelor de proiectare generativă și analiză.
- Dezvoltarea unui sistem decizional fuzzy pentru evaluarea multicriterială a platformelor de proiectare în funcție de funcțiunile acestora.
- Dezvoltarea unui sistem decizional fuzzy care permite evaluarea cantitativă și calitativă a ansamblurilor de construcții rezidențiale în fazele inițiale de proiectare.
- Dezvoltarea unui sistem decizional fuzzy care permite evaluarea cantitativă și calitativă a construcțiilor rezidențiale și a apartamentelor din cadrul acestora în fazele conceptuale de proiectare.
- Dezvoltarea unei metode de evaluare a facilităților cartierului.
- Dezvoltarea unei metode de evaluare a nivelului de confort al apartamentelor.
- Dezvoltarea unei metode prin care pot fi integrați parametrii de mediu și sustenabilitate în procesul de evaluare a construcțiilor, în fazele inițiale de proiectare.
- Dezvoltarea unei metode prin care pot fi definite eficient regulile sistemelor de inferență fuzzy

BIBLIOGRAFIE

1. Aish, R. (2011). DesignScript: Origins, Explanation, Illustration. În *Computational Design Modelling* (pp. 1–8). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23435-4_1
2. Aish, R., & Bredella, N. (2017). The evolution of architectural computing: from Building Modelling to Design Computation. *Architectural Research Quarterly*, *21*(1), 65–73. https://doi.org/10.1017/S1359135517000185
3. Akponeware, A., & Adamu, Z. (2017). Clash Detection or Clash Avoidance? An Investigation into Coordination Problems in 3D BIM. *Buildings*, *7*(3), 75. https://doi.org/10.3390/buildings7030075
4. Alaloul, W. S., Liew, M. S., & Zawawi, N. A. W. A. (2016). Identification of coordination factors affecting building projects performance. *Alexandria Engineering Journal*, *55*(3), 2689–2698. https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.06.010
5. Ali Ayad Alwindawi. (2024). *From Traditional to Digital: Enhancing Design Coordination with BIM*.
6. Al-Rawashdeh, T. A., Al'azzeh, F. M., & Al-Qatawneh, S. M. (2014). Evaluation of ERP Systems Quality Model Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Technique. *Journal of Software Engineering and Applications*, *07*(04), 225–232. https://doi.org/10.4236/jsea.2014.74024
7. Alvarez-Garcia, G.-A., Zúñiga-Cañón, C.-L., Garcia-Sanchez, A.-J., Garcia-Haro, J., & Asorey-Cacheda, R. (2024). Optimizing Ambiance: Intelligent RGB Lighting Control in Structures Using Fuzzy Logic. *Applied Sciences*, *14*(10), 4156. https://doi.org/10.3390/app14104156
8. As, I., Pal, S., & Basu, P. (2018). Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning. *International Journal of Architectural Computing*, *16*(4), 306–327. https://doi.org/10.1177/1478077118800982
9. Ashtari, M. A., Ansari, R., Hassannayebi, E., & Jeong, J. (2022). Cost Overrun Risk Assessment and Prediction in Construction Projects: A Bayesian Network Classifier Approach. *Buildings*, *12*(10), 1660. https://doi.org/10.3390/buildings12101660
10. Autodesk. (2024). *Autodesk Forma's environmental impact analysis for architects*. https://www.autodesk.com/products/forma/environmental-impact-analysis
11. Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A., & Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*, *141*, 104440. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440
12. Bao, Y., & Xiang, C. (2024). *Exploration of Conceptual Design Generation Based on the Deep Learning Model – Discussing the Application of AI Generator to the Preliminary Architectural Design Process* (pp. 171–178). https://doi.org/10.1007/978-981-97-0621-1_21
13. Barry W. Boehm, JR Brown, & M Lipow. (1976, iunie 24). Quantitative evaluation of software quality. *Proceedings of the 2nd International Conference on Software Engineering*.
14. Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Davila Delgado, J. M., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry:

Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, *122*, 103441. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103441

15. Biblus. (2019, octombrie 8). *BIM maturity Levels: from stage 0 to stage 3*. https://biblus.accasoftware.com/en/bim-maturity-levels-from-stage-0-to-stage-3/
16. Bitew, N., & Singh, J. (2019). A Study on Software Quality Factors and Metrics to Enhance Software Quality Assurance. *International Journal of Productivity and Quality Management*, *1*(1), 1. https://doi.org/10.1504/IJPQM.2019.10025496
17. Bogdan Lazarovici. (2022). *Raport privind datele utilizate în procesul de cartare a zgomotului în vederea realizării hărților strategice de zgomot, precum și calitatea, acuratețea, modul de utilizare și sursa acestora*.
18. Borkowski, A. S. (2023). A Literature Review of BIM Definitions: Narrow and Broad Views. *Technologies*, *11*(6), 176. https://doi.org/10.3390/technologies11060176
19. Budiyanto Soinangun, & Muhammad Asrol. (2022). Optimization spare parts storage in multi-warehouse petrochemical plant thru fuzzy logic. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, *20*(1).
20. Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A. (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*, *9*(2), 287–300. https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008
21. Carlos Moreno, Martha Thorne, & Jan Gehl. (2024). *The 15-minute city. A solution to saving out time & our planet* (1 ed). Wiley.
22. Catarina Araújo, Luis Bragança, & Manuela Almeida ·. (2013). *Sustainable Construcion Key indicators*.
23. CATUC. (2023). *Codul amenajării teritoriului, urbanismului și construcțiilor*.
24. Chiesa, G., Di Vita, D., Ghadirzadeh, A., Muñoz Herrera, A. H., & Leon Rodriguez, J. C. (2020). A fuzzy-logic IoT lighting and shading control system for smart buildings. *Automation in Construction*, *120*, 103397. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103397
25. Colella, Y., Valente, A. S., Rossano, L., Trunfio, T. A., Fiorillo, A., & Improta, G. (2022). A Fuzzy Inference System for the Assessment of Indoor Air Quality in an Operating Room to Prevent Surgical Site Infection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(6), 3533. https://doi.org/10.3390/ijerph19063533
26. Coren Sharples. (2009). Unified frontiers: Reaching out with BIM. *Architectural Design*, *79*(2), 42–47.
27. Cristian Savu, & Constantin Bungău. (2024). Synthesis on the assessment of design platforms in terms of construction efficiency. *Review of Management and Economic Engineering*, *3*.
28. Cynthia Ottchen. (2009). The future of information modelling and the end of theory: Less is limited, more is different. *Architectural Design*, *79*(2), 22–27.
29. Cziker, A., Chindris, M., & Miron, A. (2008). Fuzzy controller for a shaded daylighting system. *2008 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment*, 203–208. https://doi.org/10.1109/OPTIM.2008.4602522
30. Czmoch, I., & Pękala, A. (2014). Traditional Design versus BIM Based Design. *Procedia Engineering*, *91*, 210–215. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048
31. Danil Nagy, Damon Lau, John Locke, Jim Stoddart, Lorenzo Villaggi, Ray Wang, Dale Zhao, & David Benjamin. (2017). Project Discover: An Application of Generative Design

for Architectural Space Planning. *Proceedings of the 2017 Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design (SimAUD 2017)*, 2. https://doi.org/10.22360/SimAUD.2017.SimAUD.007
32. Dassault Systemes. (f.a.). *End-toend collaboration enabled by BIM Level 3*.
33. DGNB. (2020). *DGNB System. New construction, buildings criteria set 2020* (2020-lea ed). DGNB.
34. Dixit, S. (2020). Study of factors affecting the performance of construction projects in AEC industry. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, *12*(1), 2275–2282. https://doi.org/10.2478/otmcj-2020-0022
35. Eduardo Toledo Santos, & Rita Cristina Ferreira. (2008). Building design coordination comparing 2D and 3D methods. *International Conference on Information Technology in Construction*.
36. Ernst Neufert. (2023). *Architects' Data* (6-lea ed). Wiley.
37. Espen Wold. (2024). *Rapid operational energy analysis beta was discontinued on July 8th 2024*. https://help.autodeskforma.com/en/articles/9358461-rapid-operational-energy-analysis-beta-was-discontinued-on-july-8th-2024
38. European Commision Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). (2006). *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure* .
39. Fabian, P., Matthias, N. M., Mircea, O. S., & Selina, S. (2024). A Literature Review on Application of Artificial Intelligence on the Example of Real Estate Business. *International Journal of Advanced Engineering and Management Research*, *09*(01), 53–67. https://doi.org/10.51505/ijaemr.2024.9105
40. Farnood Ahmadi, P., & Arashpour, M. (2020, octombrie 14). *An analysis of 4D-BIM Construction Planning: Advantages, Risks and Challenges*. https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0025
41. Filipe Barbosa, Jonathan Woetzel, Jan Mischke, Maria Joao Ribeirinho, Mukund Sridhar, Matthew Parsons, Nick Bertram, & Stephanie Brown. (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*.
42. Florin Blaga, Voichița Hule, Alexandru-Viorel Pele, & Radu Cătălin Țarcă. (2008). Aspects regarding noise level measuring procedure generated by the surface traffic in Oradea urban area. *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, *7*(17), 88–93.
43. Florin Leon. (2020). *Sinteze de inteligență artificială*. Tehnopress.
44. Frank Melendez. (2019). *Drawing from the model. Fundamentals of Digital Drawing, 3d modelin, and visual programming in architectural design*. John Wiley & Sons.
45. Gaier, A., Stoddart, J., Villaggi, L., & Sudhakaran, S. (2024). Generative Design through Quality-Diversity Data Synthesis and Language Models. *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 823–831. https://doi.org/10.1145/3638529.3654138
46. Gao Ju, Terje Tollefsen, Martin Fischer, & Tore André Haugen. (2005). *Experiences with 3D and 4D CAD on Building Construction Projects: Benefits for Project Success and Controllable Implementation Factors*.
47. Gerber, D., ElSheikh, M. M., & Solmaz, A. S. (2012a). *Associative parametric design and financial optimisation - „Cash Back 1.0": Parametric design for visualising and optimising*

Return on Investment for early stage design decision-making. 47–56. https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2012.047

48. Gerber, D., ElSheikh, M. M., & Solmaz, A. S. (2012b). *Associative parametric design and financial optimisation - „Cash Back 1.0": Parametric design for visualising and optimising Return on Investment for early stage design decision-making*. 47–56. https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2012.047
49. Hamam, A., & Georganas, N. D. (2008). A comparison of Mamdani and Sugeno fuzzy inference systems for evaluating the quality of experience of Hapto-Audio-Visual applications. *2008 IEEE International Workshop on Haptic Audio visual Environments and Games*, 87–92. https://doi.org/10.1109/HAVE.2008.4685304
50. Hamza, M. F., Yap, H. J., Choudhury, I. A., Chiroma, H., & Kumbasar, T. (2018). A survey on advancement of hybrid type 2 fuzzy sliding mode control. *Neural Computing and Applications*, *30*(2), 331–353. https://doi.org/10.1007/s00521-017-3144-z
51. He, W., & Chen, M. (2024). Advancing Urban Life: A Systematic Review of Emerging Technologies and Artificial Intelligence in Urban Design and Planning. *Buildings*, *14*(3), 835. https://doi.org/10.3390/buildings14030835
52. HG 907. (2016). *Hotărâre de Guvern privind etapele și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice*.
53. Hraška, J., & Čurpek, J. (2024). The practical implications of the EN 17037 minimum target daylight factor for building design and urban daylight in several European countries. *Heliyon*, *10*(1), e23297. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23297
54. Huang, W., & Zheng, H. (2018). *Architectural Drawings Recognition and Generation through Machine Learning*. 156–165. https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2018.156
55. Ibrahim, A., Zayed, T., & Lafhaj, Z. (2024). Enhancing Construction Performance: A Critical Review of Performance Measurement Practices at the Project Level. *Buildings*, *14*(7), 1988. https://doi.org/10.3390/buildings14071988
56. Idrissi Gartoumi, K., Zaki, S., & Aboussaleh, M. (2023). Building information modelling (BIM) interoperability for architecture and engineering (AE) of the structural project: A case study. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.408
57. ISO 25010:2013. (2013). *Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model*.
58. Jabeur, R., Ouaaline, N., & Lakrim, A. (2021). A Fuzzy Logic Controller Controls a Smart Lighting System for Energy Savings. *2021 9th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/IRSEC53969.2021.9741196
59. Jabłoński, K., & Grychowski, T. (2018). Fuzzy inference system for the assessment of indoor environmental quality in a room. *Indoor and Built Environment*, *27*(10), 1415–1430. https://doi.org/10.1177/1420326X17728097
60. Jacobsson, M., & Merschbrock, C. (2018). BIM coordinators: a review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *25*(8), 989–1008. https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2017-0050
61. Jacoby, S., & Alonso, L. (2022). Home Use and Experience during COVID-19 in London: Problems of Housing Quality and Design. *Sustainability*, *14*(9), 5355. https://doi.org/10.3390/su14095355

62. Jim McCall, Paul Richards, & Gene Walters. (1977). *Factors in Software Quality. Volume I. Concepts and Definitions of Software Quality*.
63. Johannes Bertleff, Liviu Zăgan, Doina Butică, & Cristian Oneață. (2014). *Misiunile arhitectului*.
64. John Elkington. (1994). *Enter the tripple bottom line. Does it all add up?* (1 ed). Routledge.
65. Khudzari, F., Rahman, R. A., Ayer, S. K., & Harun, A. T. (2023). *Critical factors influencing construction technology adoption: A multivariate analysis*. 030020. https://doi.org/10.1063/5.0111810
66. Law, E., & Ahn, L. von. (2011). Human Computation. *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning*, *5*(3), 1–121. https://doi.org/10.2200/S00371ED1V01Y201107AIM013
67. Legea 114. (1996). *Legea locuinței*.
68. Legea 350. (2001). *Legea privind amenajarea teritoriului și urbanismului*.
69. LETI. (2020). *Embodied carbon target alignment*.
70. Li, M., Wang, L., Yang, B., Zhang, L., & Liu, Y. (2017). Estimating cement compressive strength from microstructure images using convolutional neural network. *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/SSCI.2017.8285306
71. Lidia Băjenaru, Mihaela Tomescu, & Ion Alexandru Marinescu. (2015). Studiu asupra metodelor de evaluare a produselor software. *Revista Română de Informatică și Automatică*, *25*(1).
72. Liu, Z. (2024). Comparison and analysis of advantages and disadvantages between BIM and CAD in civil drafting software. *Applied and Computational Engineering*, *62*(1), 192–197. https://doi.org/10.54254/2755-2721/62/20240426
73. Lorenzo Villaggi. (f.a.). *Geometry Systems for AEC Generative Design: Codify Design Intents into machine*. Autodesk.
74. Malak Al Hattab, & Farook Hamzeh. (2013). Information Flow Comparison Between Traditional and BIM-Based Projects in the Design Phase. *Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
75. MatLAB. (2024). *Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems*. https://ww2.mathworks.cn/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html
76. MC001. (2022). *Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ MC001-2022*.
77. McKinsey&Company. (2020). *The next normal in construction, How disruption is reshaping the world's largest ecosystem*.
78. Memon, A. H., Rahman, I. A., Zainun, N. Y., & Karim, A. T. A. (2014). Web-based Risk Assessment Technique for Time and Cost Overrun (WRATTCO) – A Framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *129*, 178–185. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.664
79. Mihaela Colhon. (2012). *Elemente de logică fuzzy*.
80. Miljkovic, I., Shlyakhetko, O., & Fedushko, S. (2023). Real Estate App Development Based on AI/VR Technologies. *Electronics*, *12*(3), 707. https://doi.org/10.3390/electronics12030707

81. Nelson Nauata, Kai-Hung Chang, Chin-Yi Cheng, Greg Mori, & Yasutaka Furukawa. (2020). *House-GAN: Relational Generative Adversarial Networks for Graph-constrained House Layout Generation*.
82. Observatorul Astronomic "Amiral Vasilescu Urseanu". (2024). *Solstițiul de iarnă*. https://astro-urseanu.ro/solstitiul-de-iarna/#:~:text=La%20momentul%20amiezii%20el%20%E2%80%9Curc%C4%83,10%20minute%20(pentru%20Bucure%C8%99ti)
83. OMS 119. (2014). *Ordin pentru aprobarea Normelor de igienă și sănătate publică privind mediul de viață al populației*.
84. One Click LCA. (2021). *Decarbonizing construction - Guidance for investors and developers to reduce embodied Carbon*.
85. OneClick LCA. (2021). *Embodied carbon benchmarks for European buildings*.
86. Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age. *Design Studies*, *27*(3), 229–265. https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002
87. P. Miguel, J., Mauricio, D., & Rodríguez, G. (2014). A Review of Software Quality Models for the Evaluation of Software Products. *International Journal of Software Engineering & Applications*, *5*(6), 31–53. https://doi.org/10.5121/ijsea.2014.5603
88. PAS 2080. (2023). *Carbon management in buildings and infrastructure*. BSI.
89. Patrick MacLeamy. (2004). *Collaboration, Integrated information, and the project lifecycle in building design, construction and operation*.
90. Paulson, B. C. (1976). Designing to Reduce Construction Costs. *Journal of the Construction Division*, *102*(4), 587–592. https://doi.org/10.1061/JCCEAZ.0000639
91. Primăria Oradea. (2022, iunie 9). *A N U N T privind elaborare PUZ- Modificare PUZ aprobat prin HCL 560/2017 si HCL 270/2020*. A N U N T privind elaborare PUZ-Modificare PUZ aprobat prin HCL 560/2017 si HCL 270/2020
92. Primăria Paris. (2019). *Le plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) de la Metropole du Grand Paris 2019-2024*.
93. Rafael Sacks, Charles Eastman, Ghang Lee, & Paul Teicholz. (2018). *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3-lea ed). Wiley.
94. Raitviir, C.-R., & Lill, I. (2024). Conceptual Framework of Information Flow Synchronization Throughout the Building Lifecycle. *Buildings*, *14*(7), 2207. https://doi.org/10.3390/buildings14072207
95. RIBA. (2020). *RIBA Plan of Work 2020 Overview*. RIBA.
96. Richard Cook, Forrest Lott, Brad Milton, Patrick O'Connor, Christopher Smith, Jim Suehiro, Barbara Price, Suzanne Harness, Michael Bomba, Markku Alilison, Stuart Eckblad, Howard Ashcraft, Jim Bedrick, Rober J. Hartung, Zigmund Rubel, Pam Touschner, & Nicki Dennis Stephens. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. The American Institute of Architects.
97. Richard Garber. (2014a). Gensler - Simulation takes control. În *Architectural Design - BIM Design Realising the creative potential of BIM*. John Wiley & Sons.
98. Richard Garber. (2014b). Strategies for component generation. *BIM Design - Realising the creative potential of Building Information Modelling*.
99. R.L. Hayes. (2014). *The Architect's handbook of professional practice* (15-lea ed). Wiley.

100. Robert Aish. (2013). *First build your tools*. John Wiley & Sons Ltd.
101. Röck Martin, Sørensen Andreas, Tozan Buket, Steinmann Jacob, Horup Lise, Le Den Xavier, & Birgisdottir Harpa. (2022). *Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - #2 Setting the baseline: A bottom-up approach*.
102. RTC 8. (2022). *Ghid privind managementul și monitorizarea informațiilor generate în sistem BIM, indicativ RTC 8-2022*.
103. Salleh, H., Ahmad, A. A., Abdul-Samad, Z., Alaloul, W. S., & Ismail, A. S. (2023). BIM Application in Construction Projects: Quantifying Intangible Benefits. *Buildings*, *13*(6), 1469. https://doi.org/10.3390/buildings13061469
104. Sampaio, A. Z., Ferreira, M. M., Rosário, D. P., & Martins, O. P. (2010). 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance. *Automation in Construction*, *19*(7), 819–828. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.05.006
105. Sandanayake, M. S. (2022). Environmental Impacts of Construction in Building Industry—A Review of Knowledge Advances, Gaps and Future Directions. *Knowledge*, *2*(1), 139–156. https://doi.org/10.3390/knowledge2010008
106. Savu, C., Pescaru, A.-H., Zsak, I.-G., Durgheu, A.-M., Frent, A.-P., Suba, N.-S., Buda, A. S., & Nistor, S. (2024). Analysis on Using 3D Scanning and BIM to Reduce the Physical and Non-Physical Construction Waste for Sustainable Fireproofing of Steel Trusses. *Sustainability*, *16*(5), 1832. https://doi.org/10.3390/su16051832
107. Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). A Review of the Effects of Project Management Practices on Cost Overrun in Construction Projects. *CSCE 2023*, 1. https://doi.org/10.3390/engproc2023044001
108. Simona Dinu, Gabriel Raicu, & Ramus Zăgan. (2023). *Metode moderne de analiză multicriterială în managementul securității cibernetice*. Editura Nautica.
109. Simonen, K., Rodriguez, B. X., & De Wolf, C. (2017). Benchmarking the Embodied Carbon of Buildings. *Technology|Architecture + Design*, *1*(2), 208–218. https://doi.org/10.1080/24751448.2017.1354623
110. SR EN 15978. (2012). *Dezvoltare durabilă a lucrărilor de construcție. Evaluarea performanței de mediu a clădirilor. Metodă de calcul*. ASRO.
111. The American Institute of Architects, & Associated General Contractors. (2011). *Recommended practices of the Houston Chapters of the American Institute of Architects and Associated General Contractors*.
112. The American Institute of Architects, C. C. (2014). *Integrated Project Delivery: An updated working definition*. AIA California.
113. Thom Mayne. (2012). Shift 2D to 3D. În *Digital Workflows in architecture*. Birkhauser.
114. TravelTime. (2024). *Travel Time Map*. https://app.traveltime.com/
115. Ullah, K., Abdullah, A. H., Nagapan, S., Suhoo, S., & Khan, M. S. (2017). Theoretical framework of the causes of construction time and cost overruns. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *271*, 012032. https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012032
116. Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). *An Overview of BIM Adoption in the Construction Industry: Benefits and Barriers* (pp. 297–303). https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052

117. Wang, J., Wang, X., Shou, W., & Xu, B. (2014). Integrating BIM and augmented reality for interactive architectural visualisation. *Construction Innovation*, *14*(4), 453–476. https://doi.org/10.1108/CI-03-2014-0019
118. Wassim Jabi. (2013). *Parametric Design for Architecture*. Laurence King.
119. Weber, R. E., Mueller, C., & Reinhart, C. (2022). Automated floorplan generation in architectural design: A review of methods and applications. *Automation in Construction*, *140*, 104385. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104385
120. Wen, Z., Liao, H., Zavadskas, E. K., & Antuchevičienė, J. (2021). Applications of fuzzy multiple criteria decision making methods in civil engineering: A state-of-the-art survey. *Journal of Civil Engineering and Management*, *27*(6), 358–371. https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15252
121. West Residence. (2023). *Blocul WR1*. https://www.westresidence.ro/apartamente/bloc-wr1
122. Wildenauer, A. A. (2020). Critical Assessment of the existing definitions of BIM dimensions on the example of Switzerland. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IJCIET)*, *11*(4). https://doi.org/10.34218/IJCIET.11.4.2020.012
123. Wu, W., Fu, X.-M., Tang, R., Wang, Y., Qi, Y.-H., & Liu, L. (2019). Data-driven interior plan generation for residential buildings. *ACM Transactions on Graphics*, *38*(6), 1–12. https://doi.org/10.1145/3355089.3356556
124. Zare, S., Hasheminejad, N., Shirvan, H. E., Hemmatjo, R., Sarebanzadeh, K., & Ahmadi, S. (2018). Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year. *Weather and Climate Extremes*, *19*, 49–57. https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.01.004
125. Zhuang, X., Ju, Y., Yang, A., & Luisa Caldas. (2023). Synthesis and generation for 3D architecture volume with generative modeling. *International Journal of Architectural Computing*, *21*(2), 297–314. https://doi.org/10.1177/14780771231168233

ANEXE

ANEXA 1. COMPONENTELE SISTEMULUI DE INFERENȚĂ FUZZY DEZVOLTAT PENTRU EVALUAREA FUNCȚIILOR PLATFORMELOR DE PROIECTARE

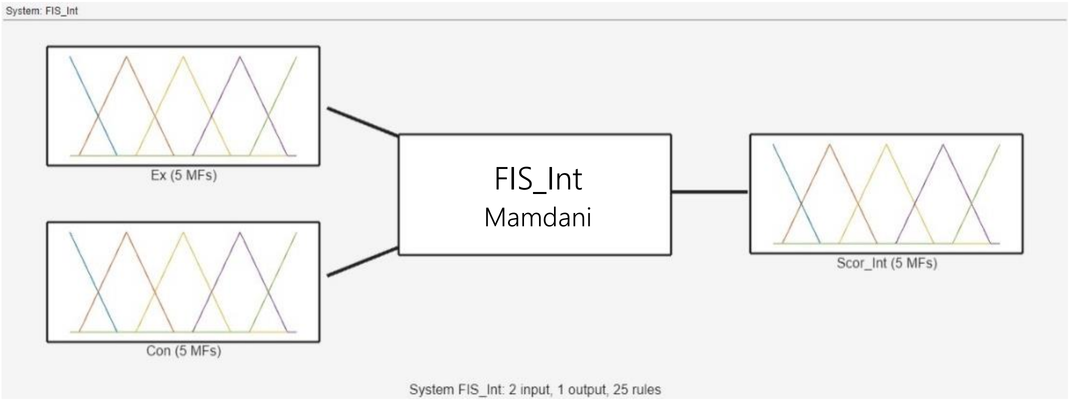


Figura A.1. ***Structura sistemului de inferență Fuzzy pentru evaluarea funcțiilor de interoperabilitate"FIS_Int".***

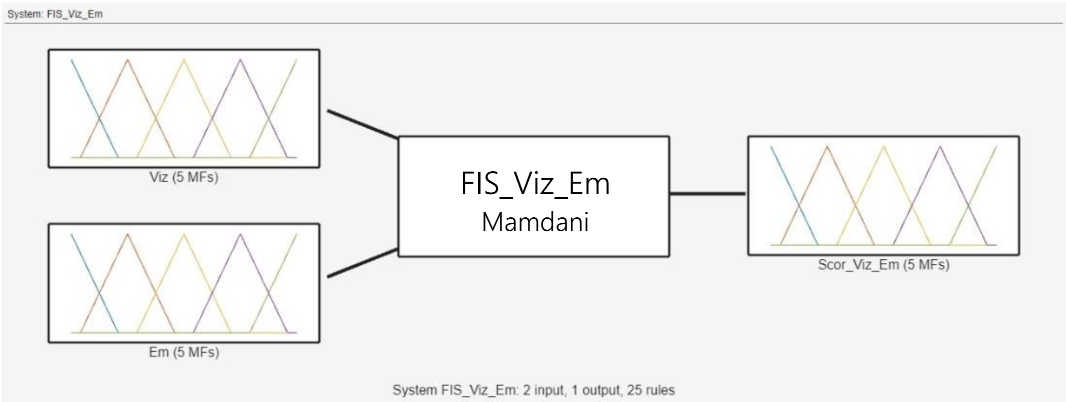


Figura A.2. ***Structura sistemului de inferență Fuzzy pentru evaluarea funcțiilor de vizualizare și editare manuală"FIS_Viz_Em".***

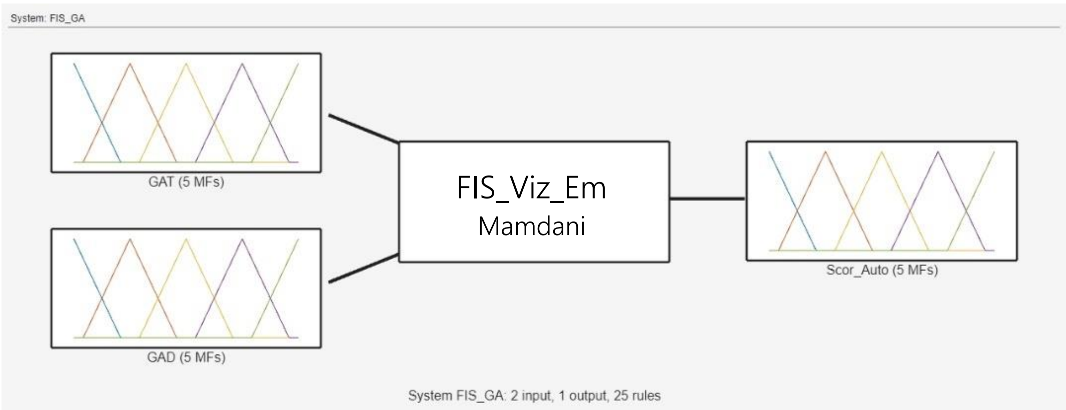


Figura A.3. ***Structura sistemului de inferență Fuzzy pentru evaluarea funcțiilor de generare automată a soluțiilor"FIS_GA".***

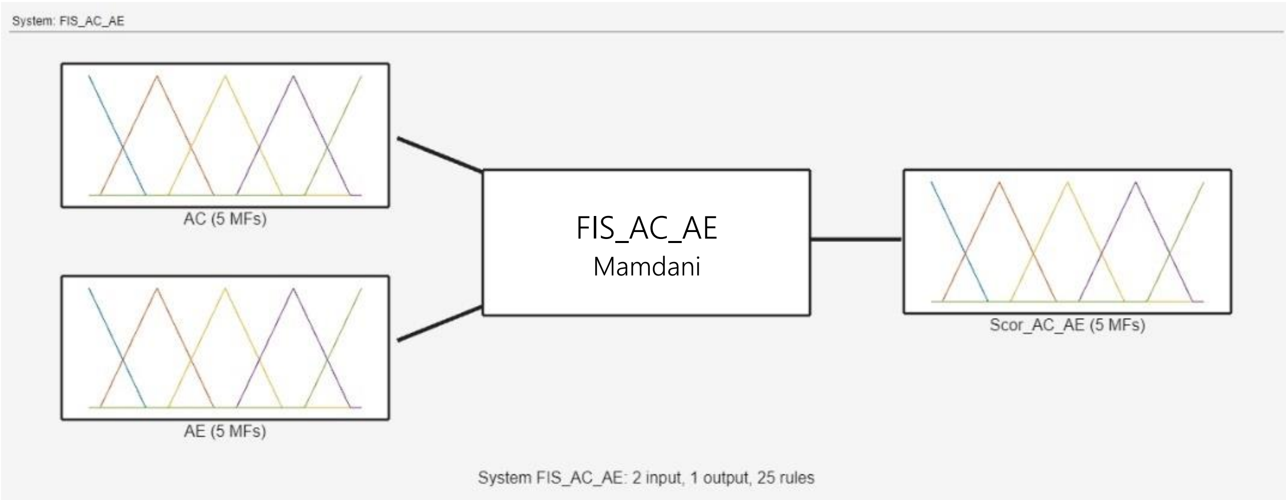


Figura A.4. *Structura sistemului de inferență Fuzzy pentru evaluarea funcțiilor de analiză cantitativă și economică"FIS_AC_AE".*

System: FIS_Int

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Ex is fm and Con is fm then Scor_Int is fm	1	rule1
2	If Ex is m and Con is fm then Scor_Int is m	1	rule2
3	If Ex is Med and Con is fm then Scor_Int is m	1	rule3
4	If Ex is M and Con is fm then Scor_Int is Med	1	rule4
5	If Ex is FM and Con is fm then Scor_Int is Med	1	rule5
6	If Ex is fm and Con is m then Scor_Int is fm	1	rule6
7	If Ex is m and Con is m then Scor_Int is m	1	rule7
8	If Ex is Med and Con is m then Scor_Int is Med	1	rule8
9	If Ex is M and Con is m then Scor_Int is Med	1	rule9
10	If Ex is FM and Con is m then Scor_Int is M	1	rule10
11	If Ex is fm and Con is Med then Scor_Int is m	1	rule11
12	If Ex is m and Con is Med then Scor_Int is m	1	rule12
13	If Ex is Med and Con is Med then Scor_Int is Med	1	rule13
14	If Ex is M and Con is Med then Scor_Int is M	1	rule14
15	If Ex is FM and Con is Med then Scor_Int is M	1	rule15
16	If Ex is fm and Con is M then Scor_Int is m	1	rule16
17	If Ex is m and Con is M then Scor_Int is Med	1	rule17
18	If Ex is Med and Con is M then Scor_Int is Med	1	rule18
19	If Ex is M and Con is M then Scor_Int is M	1	rule19
20	If Ex is FM and Con is M then Scor_Int is FM	1	rule20
21	If Ex is fm and Con is FM then Scor_Int is Med	1	rule21
22	If Ex is m and Con is FM then Scor_Int is Med	1	rule22
23	If Ex is Med and Con is FM then Scor_Int is M	1	rule23
24	If Ex is M and Con is FM then Scor_Int is M	1	rule24
25	If Ex is FM and Con is FM then Scor_Int is FM	1	rule25

(a)

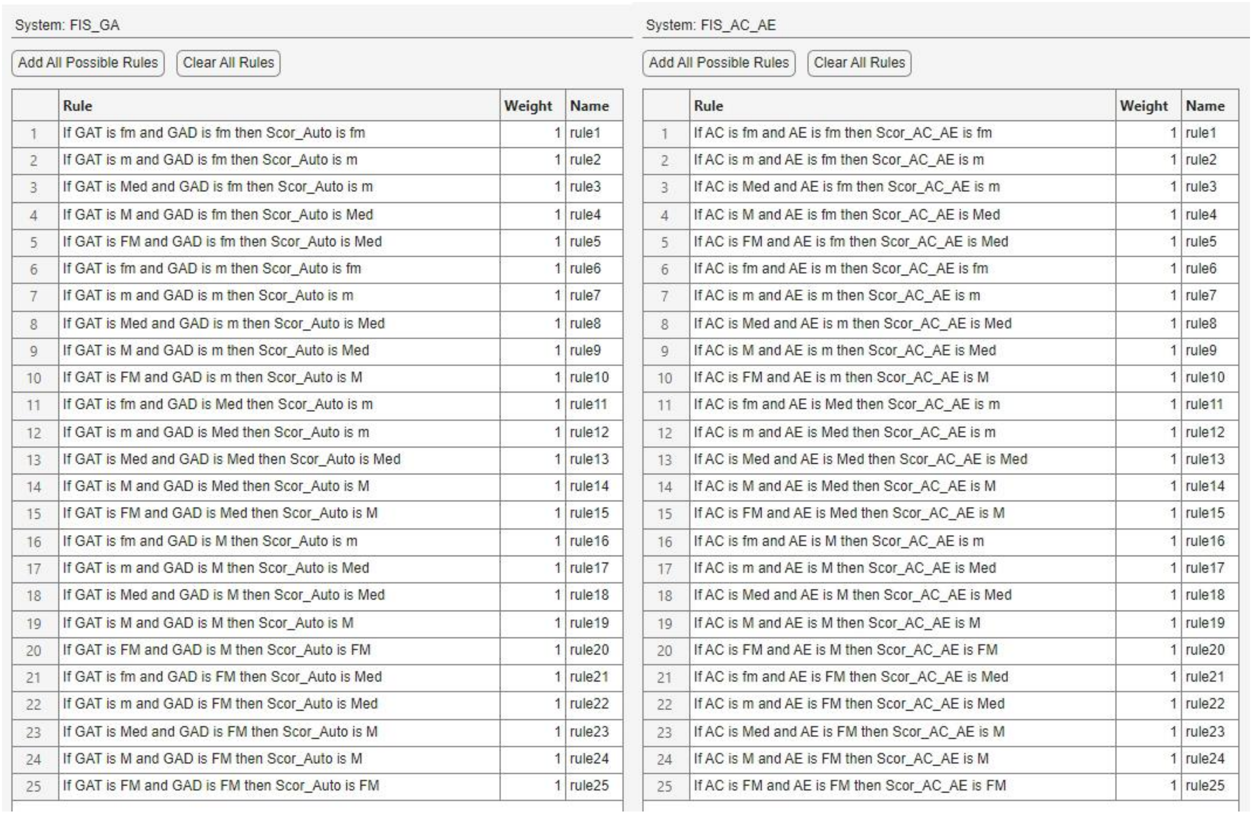
System: FIS_Viz_Em

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Viz is fm and Em is fm then Scor_Viz_Em is fm	1	rule1
2	If Viz is m and Em is fm then Scor_Viz_Em is m	1	rule2
3	If Viz is Med and Em is fm then Scor_Viz_Em is m	1	rule3
4	If Viz is M and Em is fm then Scor_Viz_Em is Med	1	rule4
5	If Viz is FM and Em is fm then Scor_Viz_Em is Med	1	rule5
6	If Viz is fm and Em is m then Scor_Viz_Em is fm	1	rule6
7	If Viz is m and Em is m then Scor_Viz_Em is m	1	rule7
8	If Viz is Med and Em is m then Scor_Viz_Em is Med	1	rule8
9	If Viz is M and Em is m then Scor_Viz_Em is Med	1	rule9
10	If Viz is FM and Em is m then Scor_Viz_Em is M	1	rule10
11	If Viz is fm and Em is Med then Scor_Viz_Em is m	1	rule11
12	If Viz is m and Em is Med then Scor_Viz_Em is m	1	rule12
13	If Viz is Med and Em is Med then Scor_Viz_Em is Med	1	rule13
14	If Viz is M and Em is Med then Scor_Viz_Em is M	1	rule14
15	If Viz is FM and Em is Med then Scor_Viz_Em is M	1	rule15
16	If Viz is fm and Em is M then Scor_Viz_Em is m	1	rule16
17	If Viz is m and Em is M then Scor_Viz_Em is Med	1	rule17
18	If Viz is Med and Em is M then Scor_Viz_Em is Med	1	rule18
19	If Viz is M and Em is M then Scor_Viz_Em is M	1	rule19
20	If Viz is FM and Em is M then Scor_Viz_Em is FM	1	rule20
21	If Viz is fm and Em is FM then Scor_Viz_Em is Med	1	rule21
22	If Viz is m and Em is FM then Scor_Viz_Em is Med	1	rule22
23	If Viz is Med and Em is FM then Scor_Viz_Em is M	1	rule23
24	If Viz is M and Em is FM then Scor_Viz_Em is M	1	rule24
25	If Viz is FM and Em is FM then Scor_Viz_Em is FM	1	rule25

(b)

Figura A.5. *Regulile fuzzy pentru Sistemele de Inferență Fuzzy "FIS_Int"(a) și "FIS_Viz_Em"(b).*



System: FIS_GA

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If GAT is fm and GAD is fm then Scor_Auto is fm	1	rule1
2	If GAT is m and GAD is fm then Scor_Auto is m	1	rule2
3	If GAT is Med and GAD is fm then Scor_Auto is m	1	rule3
4	If GAT is M and GAD is fm then Scor_Auto is Med	1	rule4
5	If GAT is FM and GAD is fm then Scor_Auto is Med	1	rule5
6	If GAT is fm and GAD is m then Scor_Auto is fm	1	rule6
7	If GAT is m and GAD is m then Scor_Auto is m	1	rule7
8	If GAT is Med and GAD is m then Scor_Auto is Med	1	rule8
9	If GAT is M and GAD is m then Scor_Auto is Med	1	rule9
10	If GAT is FM and GAD is m then Scor_Auto is M	1	rule10
11	If GAT is fm and GAD is Med then Scor_Auto is m	1	rule11
12	If GAT is m and GAD is Med then Scor_Auto is m	1	rule12
13	If GAT is Med and GAD is Med then Scor_Auto is Med	1	rule13
14	If GAT is M and GAD is Med then Scor_Auto is M	1	rule14
15	If GAT is FM and GAD is Med then Scor_Auto is M	1	rule15
16	If GAT is fm and GAD is M then Scor_Auto is m	1	rule16
17	If GAT is m and GAD is M then Scor_Auto is Med	1	rule17
18	If GAT is Med and GAD is M then Scor_Auto is Med	1	rule18
19	If GAT is M and GAD is M then Scor_Auto is M	1	rule19
20	If GAT is FM and GAD is M then Scor_Auto is FM	1	rule20
21	If GAT is fm and GAD is FM then Scor_Auto is Med	1	rule21
22	If GAT is m and GAD is FM then Scor_Auto is Med	1	rule22
23	If GAT is Med and GAD is FM then Scor_Auto is M	1	rule23
24	If GAT is M and GAD is FM then Scor_Auto is M	1	rule24
25	If GAT is FM and GAD is FM then Scor_Auto is FM	1	rule25

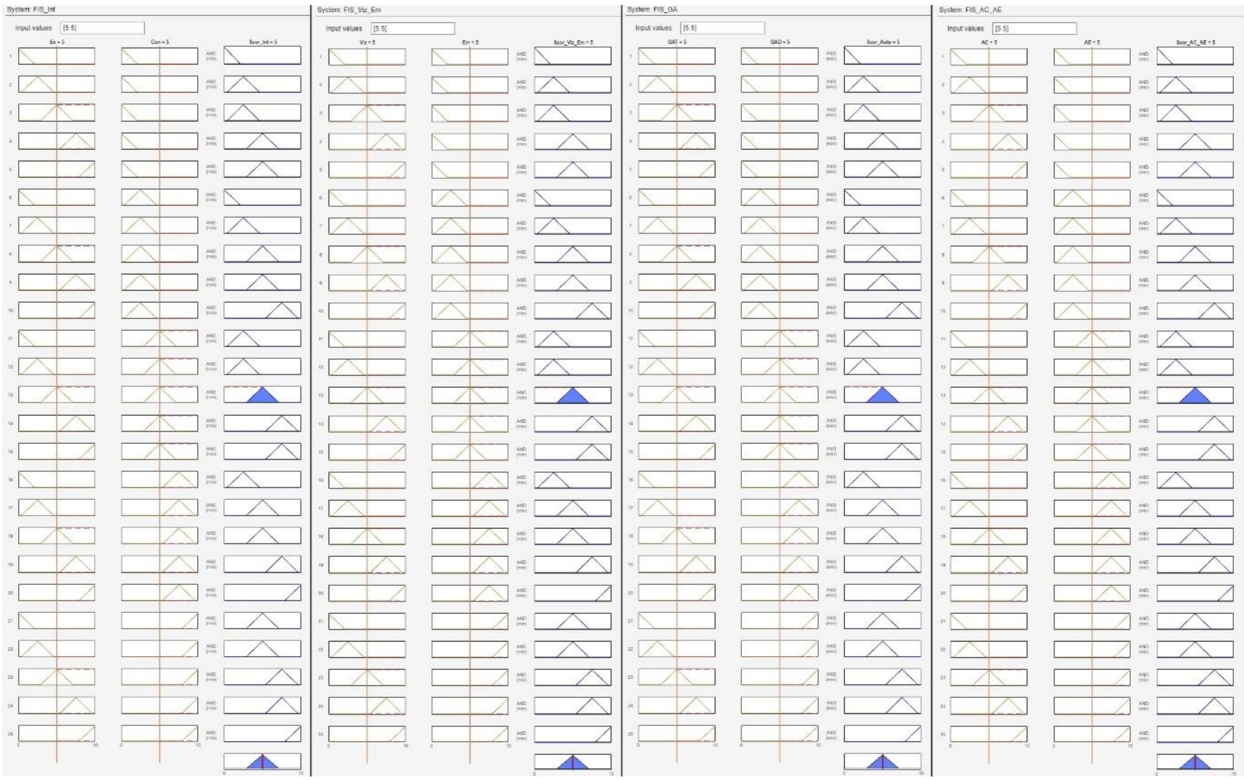
System: FIS_AC_AE

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If AC is fm and AE is fm then Scor_AC_AE is fm	1	rule1
2	If AC is m and AE is fm then Scor_AC_AE is m	1	rule2
3	If AC is Med and AE is fm then Scor_AC_AE is m	1	rule3
4	If AC is M and AE is fm then Scor_AC_AE is Med	1	rule4
5	If AC is FM and AE is fm then Scor_AC_AE is Med	1	rule5
6	If AC is fm and AE is m then Scor_AC_AE is fm	1	rule6
7	If AC is m and AE is m then Scor_AC_AE is m	1	rule7
8	If AC is Med and AE is m then Scor_AC_AE is Med	1	rule8
9	If AC is M and AE is m then Scor_AC_AE is Med	1	rule9
10	If AC is FM and AE is m then Scor_AC_AE is M	1	rule10
11	If AC is fm and AE is Med then Scor_AC_AE is m	1	rule11
12	If AC is m and AE is Med then Scor_AC_AE is m	1	rule12
13	If AC is Med and AE is Med then Scor_AC_AE is Med	1	rule13
14	If AC is M and AE is Med then Scor_AC_AE is M	1	rule14
15	If AC is FM and AE is Med then Scor_AC_AE is M	1	rule15
16	If AC is fm and AE is M then Scor_AC_AE is m	1	rule16
17	If AC is m and AE is M then Scor_AC_AE is Med	1	rule17
18	If AC is Med and AE is M then Scor_AC_AE is Med	1	rule18
19	If AC is M and AE is M then Scor_AC_AE is M	1	rule19
20	If AC is FM and AE is M then Scor_AC_AE is FM	1	rule20
21	If AC is fm and AE is FM then Scor_AC_AE is Med	1	rule21
22	If AC is m and AE is FM then Scor_AC_AE is Med	1	rule22
23	If AC is Med and AE is FM then Scor_AC_AE is M	1	rule23
24	If AC is M and AE is FM then Scor_AC_AE is M	1	rule24
25	If AC is FM and AE is FM then Scor_AC_AE is FM	1	rule25

(a) (b)

Figura A.6. *Regulile fuzzy pentru Sistemele de Inferență Fuzzy "FIS_GA"(a) și "FIS_AC_AE"(b).*



(a) (b) (c) (d)

Figura A.7. *Regulile de inferență pentru sistemele de inferență Fuzzy "FIS_Int"(a), "FIS_Viz_Em"(b), "FIS_GA"(c), "FIS_AC_AE"(d).*

ANEXA 2. REZULTATELE SONDAJELOR LA CARE AU PARTICIPAT BENEFICIARII

REZULTATELE SONDAJULUI CU PRIVIRE LA IMPORTANȚA DIMENSIUNII APARTAMENTULUI

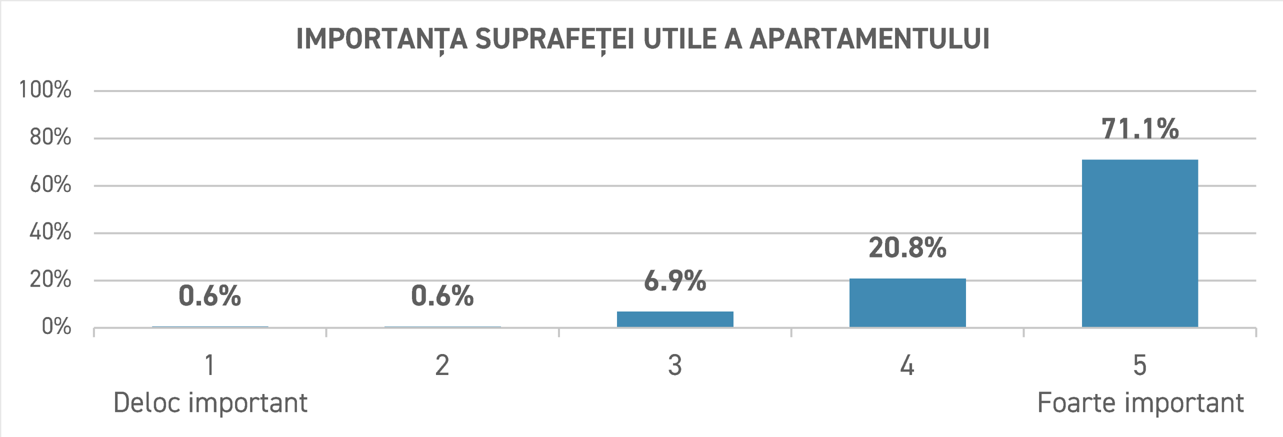


Figura A.8. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța suprafeței utile a apartamentelor.*

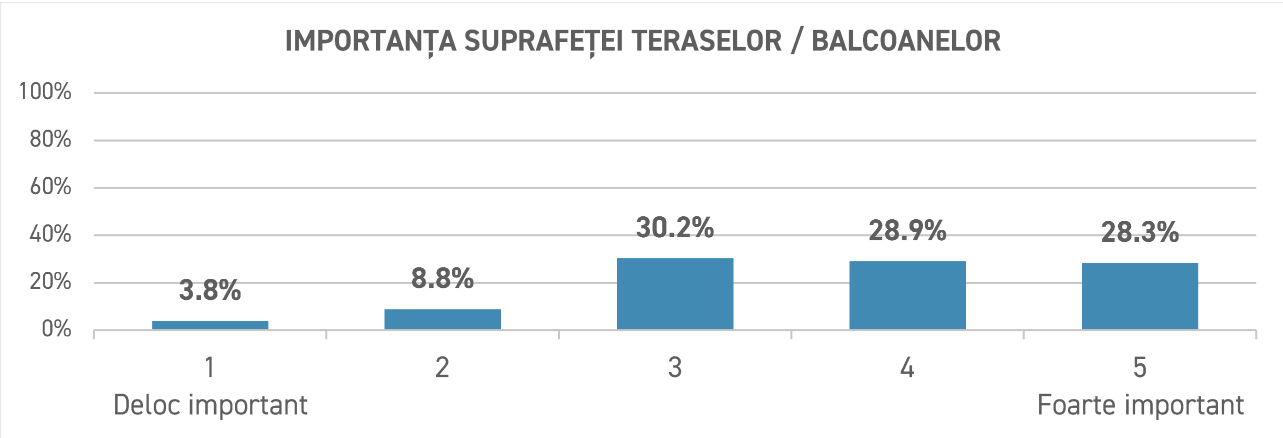


Figura A.9. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța suprafeței teraselor sau balcoanelor.*

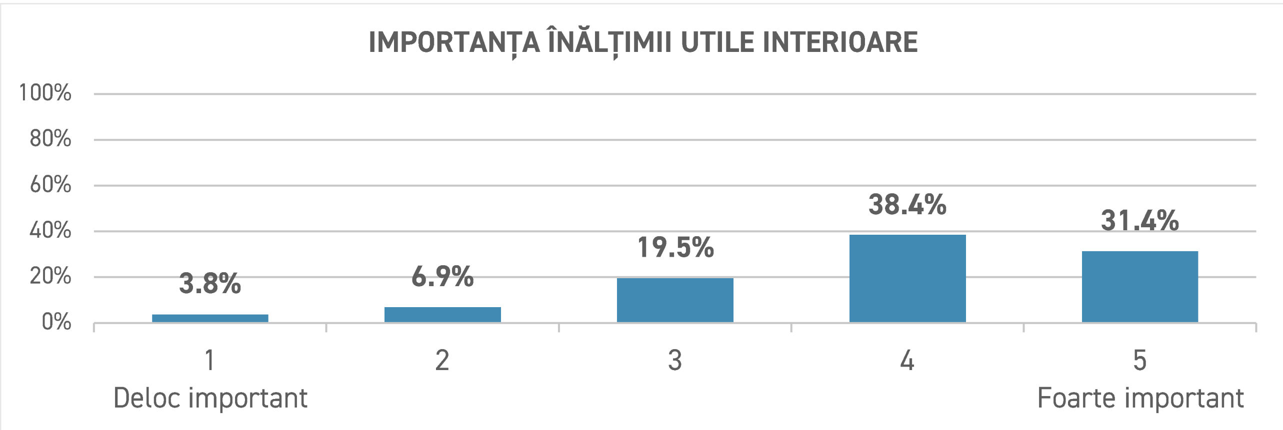


Figura A.10. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța înălțimii utile a apartamentelor*

REZULTATELE SONDAJULUI CU PRIVIRE LA IMPORTANȚA CARACTERISTICILOR CE ȚIN DE COMPARTIMENTAREA SAU DOTAREA APARTAMENTULUI

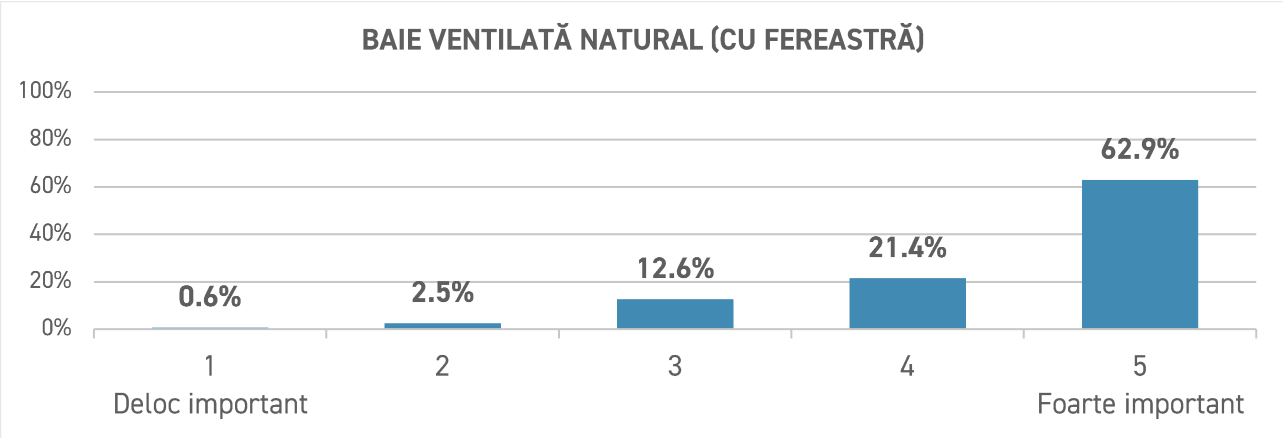


Figura A.11. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unei băi ventilate natural.*

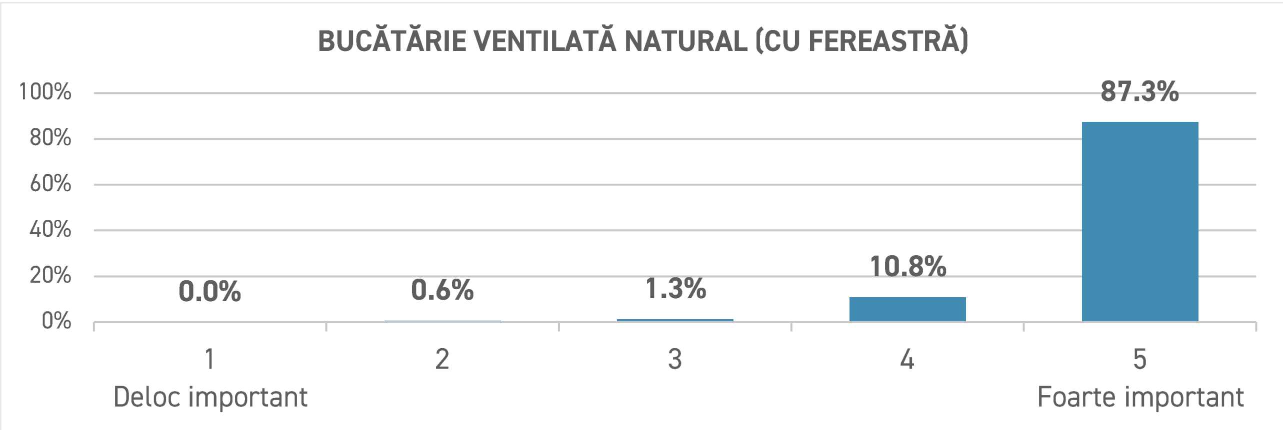


Figura A.12. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unei bucătării ventilate natural.*

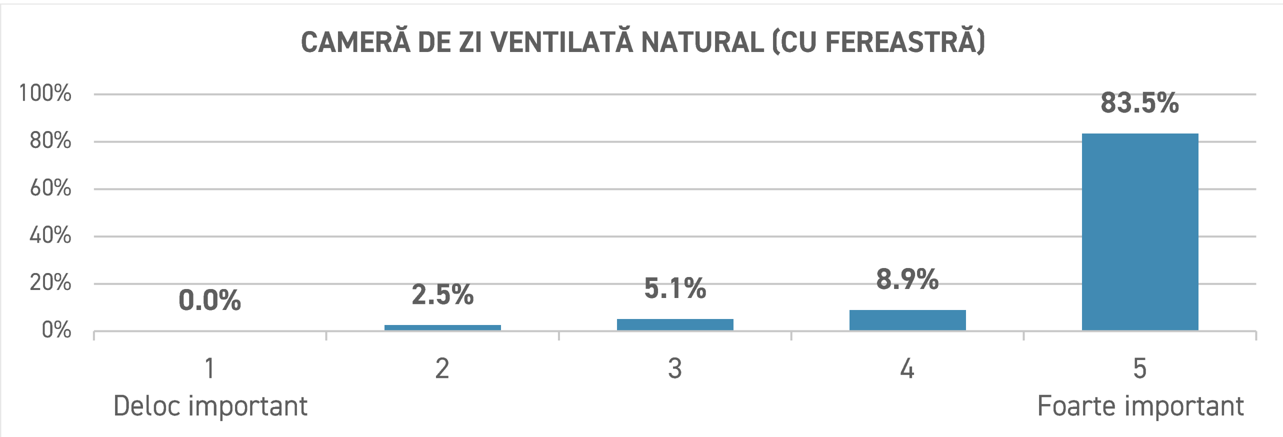


Figura A.13. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unei camere de zi ventilate natural.*

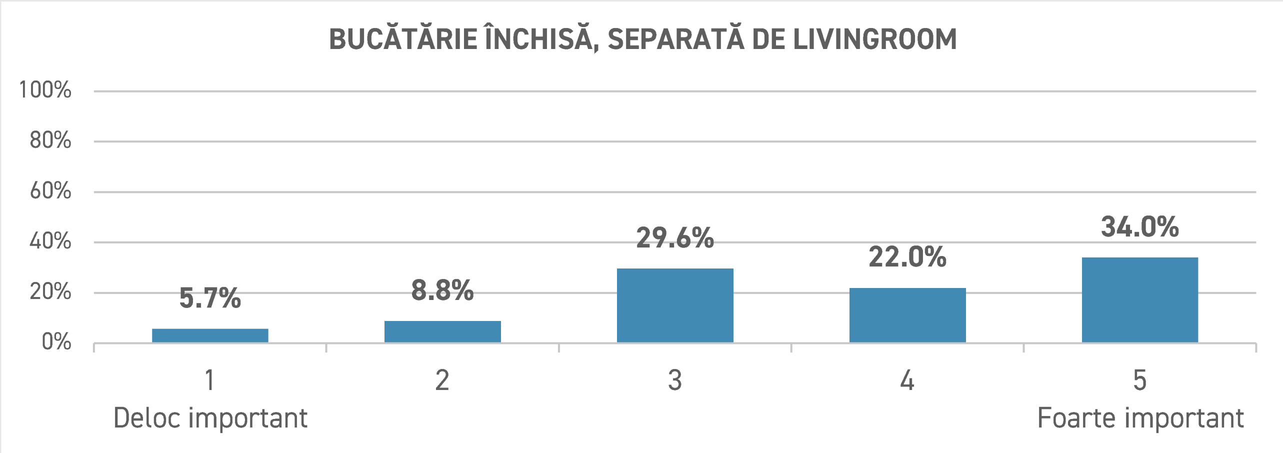


Figura A.14. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unei bucătării închise.*

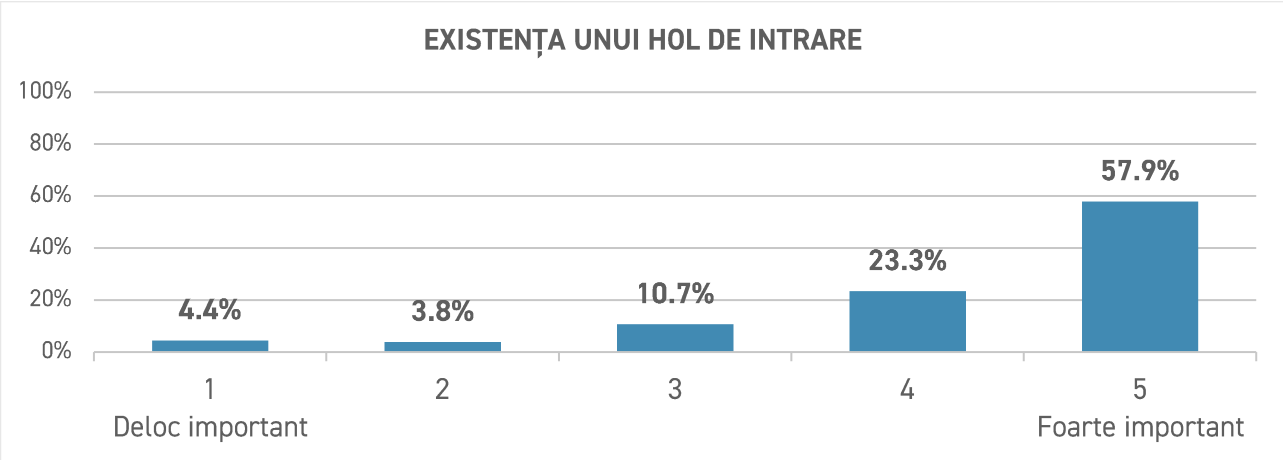


Figura A.15. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unui hol de intrare.*

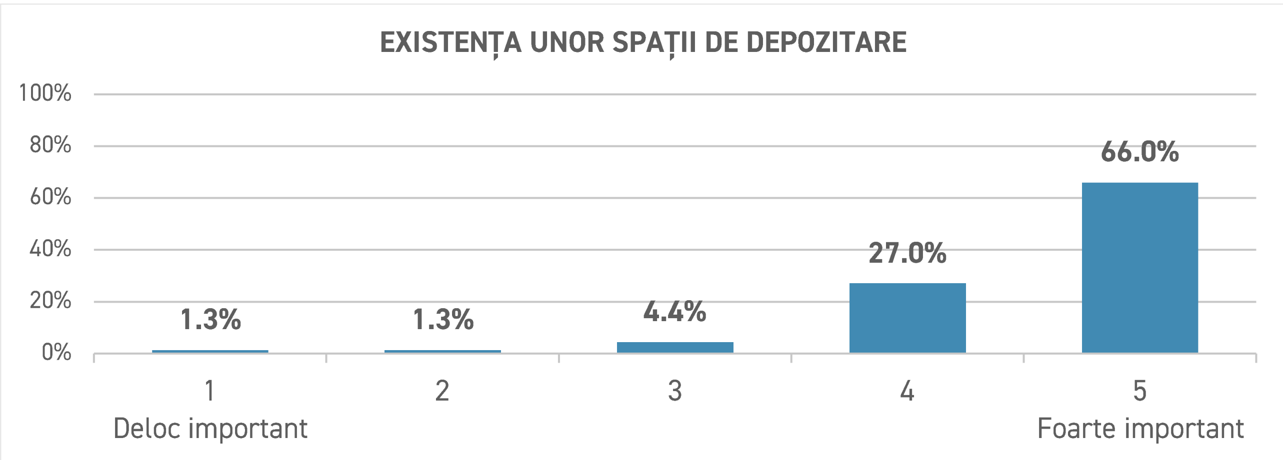


Figura A.16. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unor spații de depozitare.*

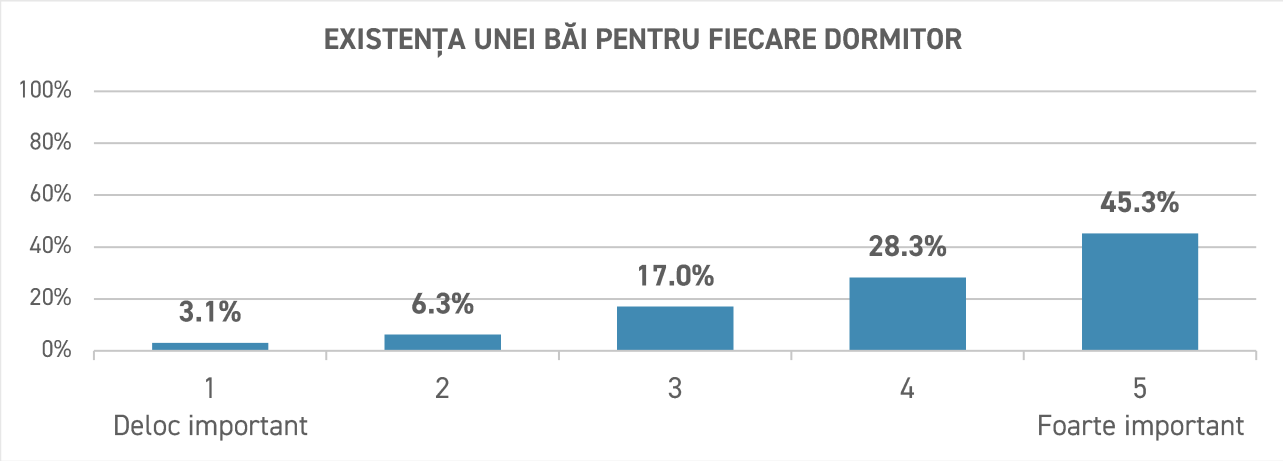


Figura A.17. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței unei băi pentru fiecare dormitor.*

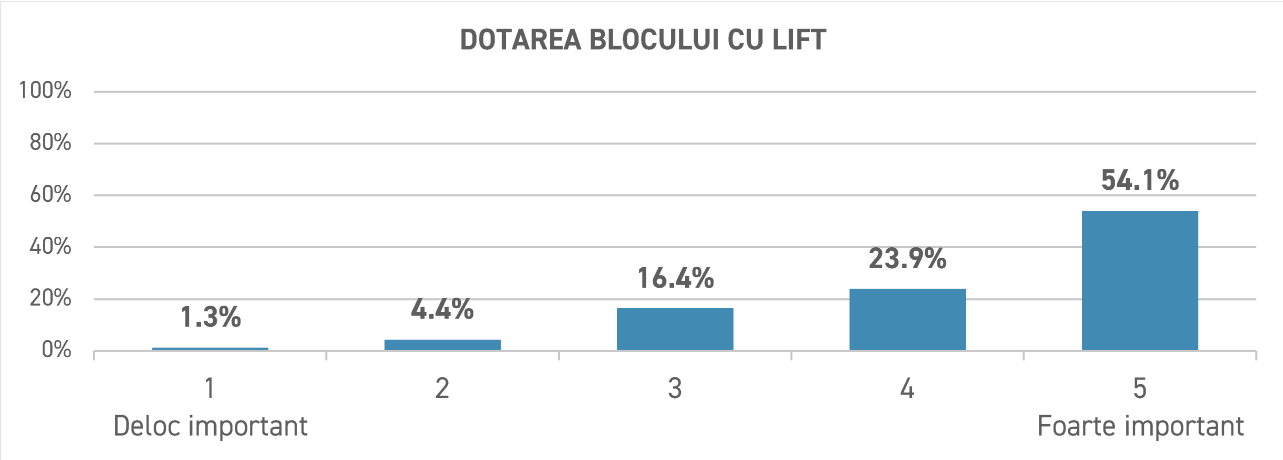


Figura A.18. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța dotării blocului cu lift.*

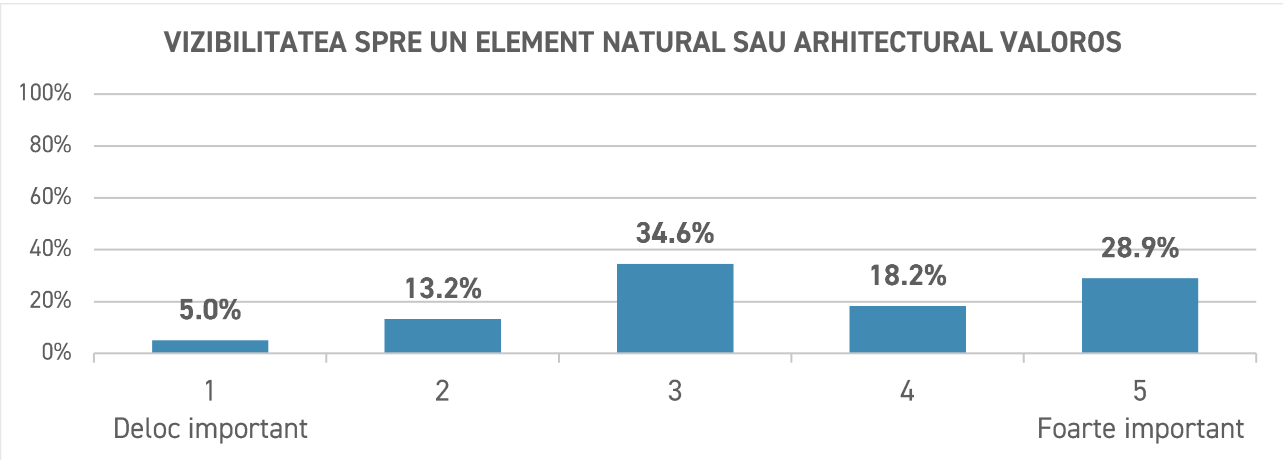


Figura A.19. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța vizibilității spre elemente naturale sau arhitecturale.*

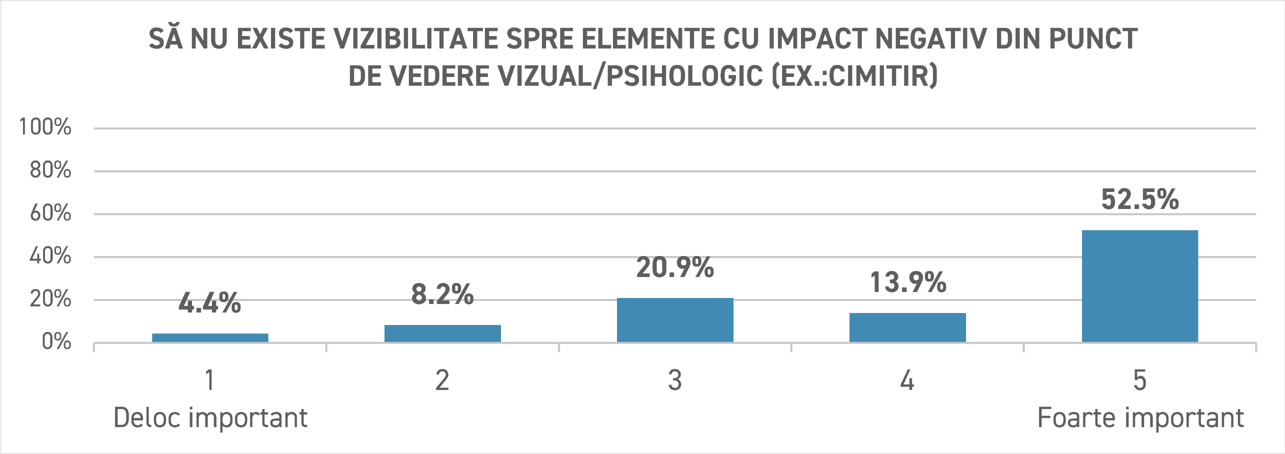


Figura A.20. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la cât de important este ca apartamentul să nu fie orientat spre elemente cu impact negativ din punct de vedere vizual sau psihologic.*

REZULTATELE SONDAJULUI CU PRIVIRE LA IMPORTANȚA FACILITĂȚILOR CARTIERULUI

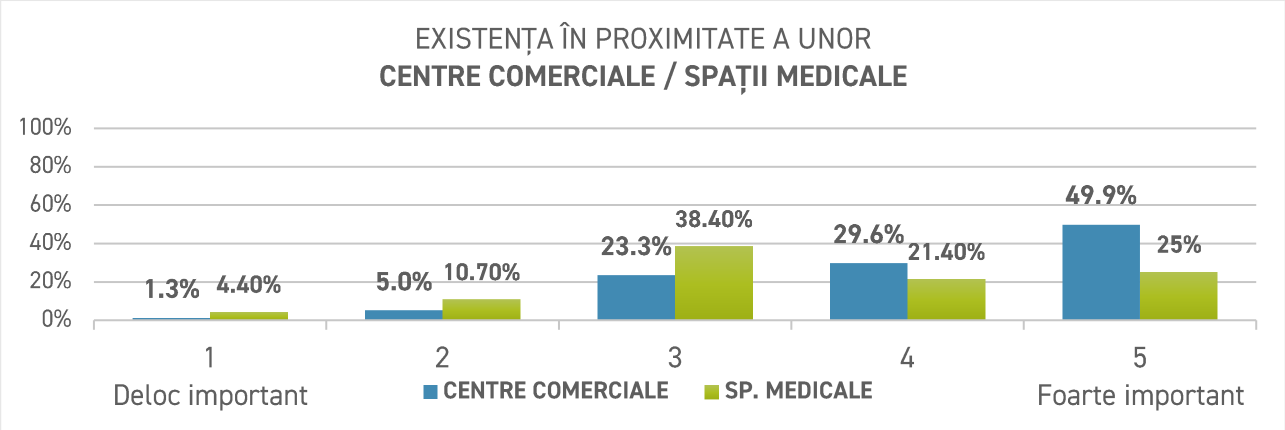


Figura A.21. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței în proximitate a unor centre comerciale sau a unor spații medicale.*

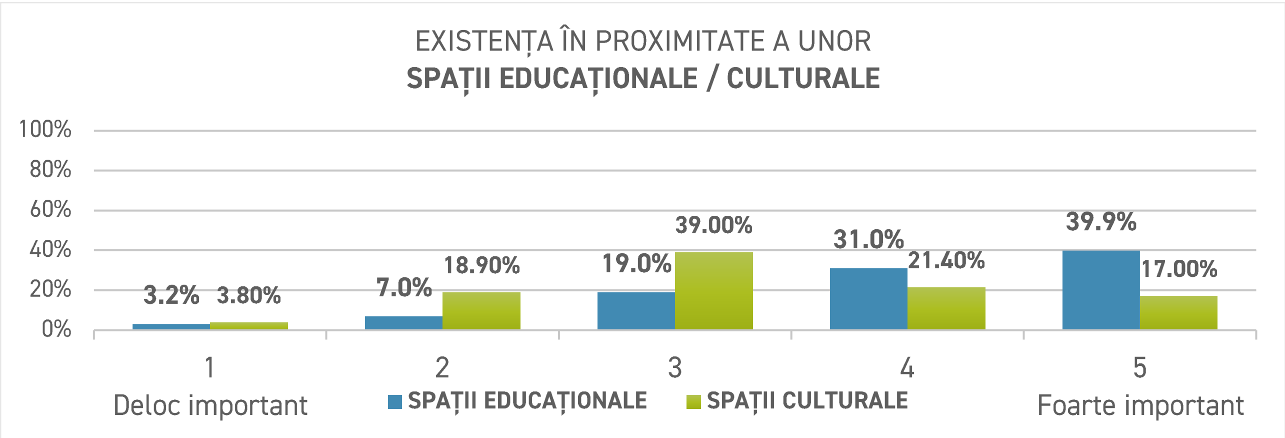


Figura A.22. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței în proximitate a unor spații educaționale sau culturale.*

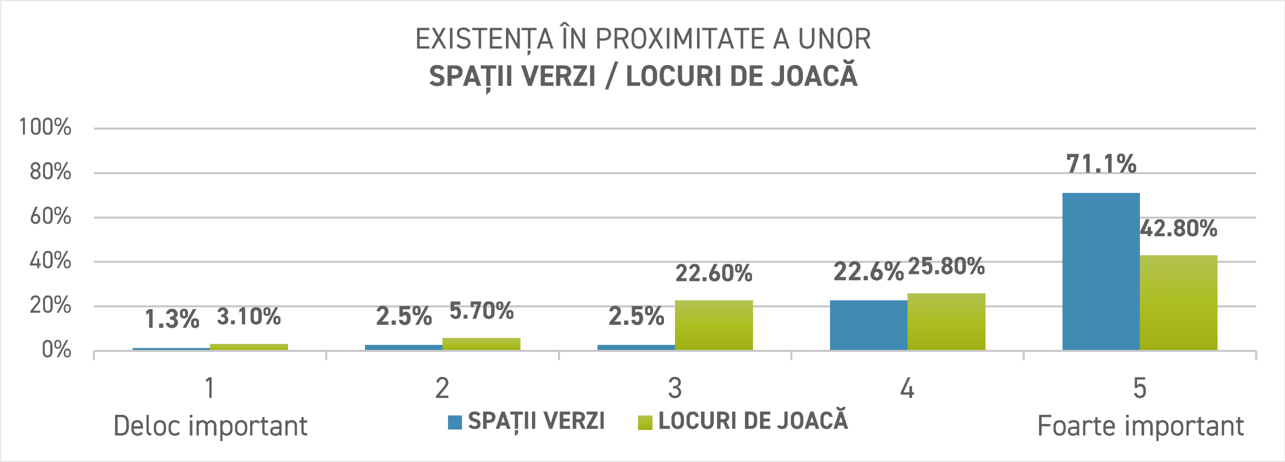


Figura A.23. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței în proximitate unor spații verzi sau a unor locuri de joacă.*

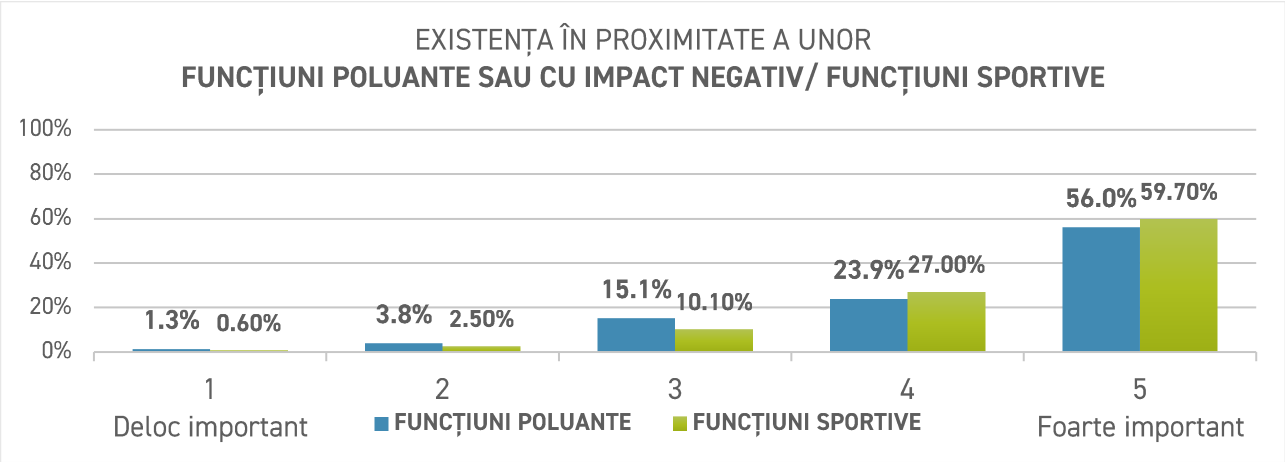


Figura A.24. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța existenței în proximitate unor funcțiuni poluante ce au impact negativ sau a unor funcțiuni sportive.*

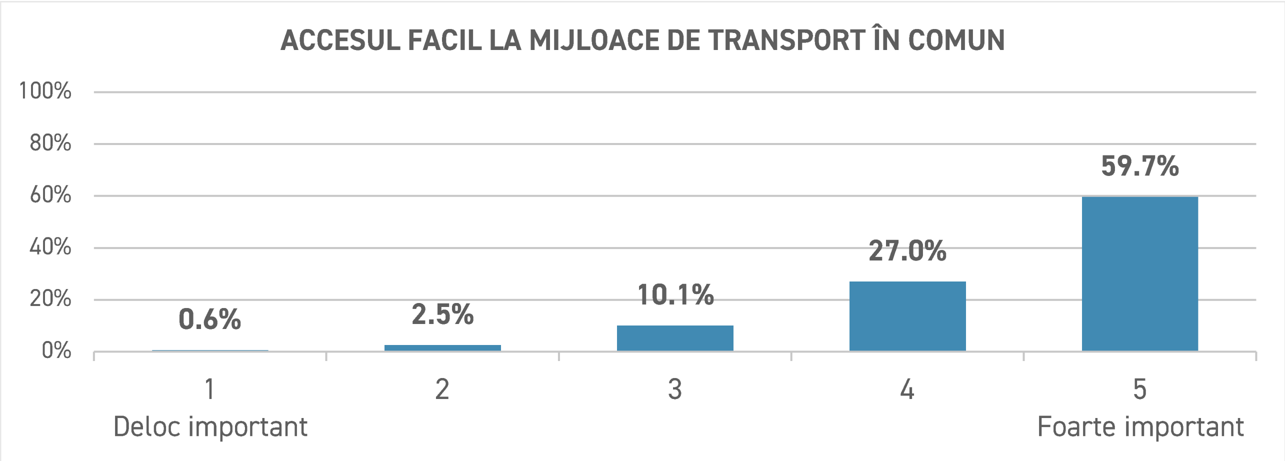


Figura A.25. *Perspectiva beneficiarilor cu privire la importanța accesului facil la mijloace de transport în comun.*

ANEXA 3. REZULTATELE SONDAJELOR LA CARE AU PARTICIPAT DEZVOLTATORII IMOBILIARI

REZULTATELE SONDAJULUI CU PRIVIRE LA IMPORTANȚA INDICATORILOR DE PERFORMANȚĂ

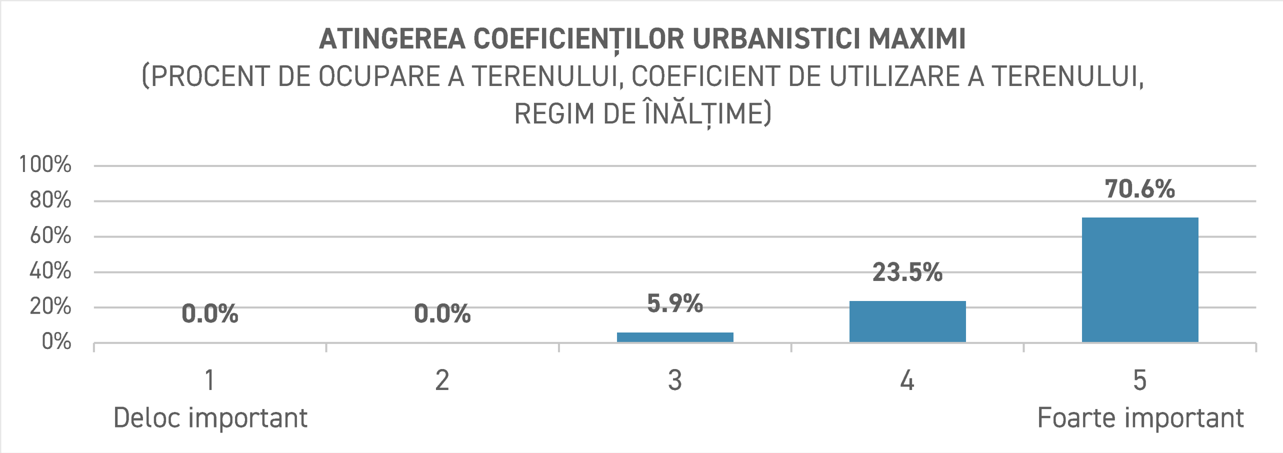


Figura A.26. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța atingerii coeficienților urbanistici maximi.*

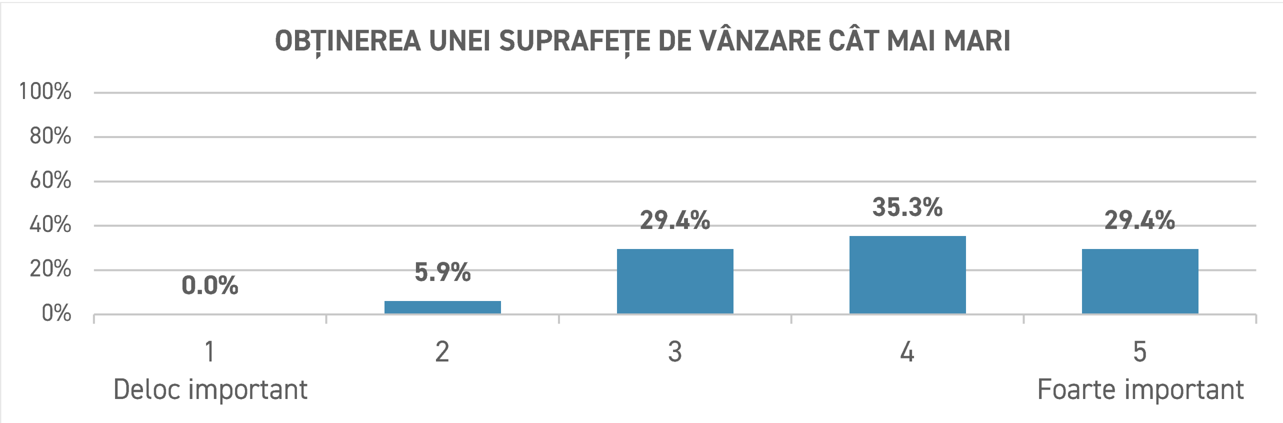


Figura A.27. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unei suprafețe de vânzare cât mai mari.*

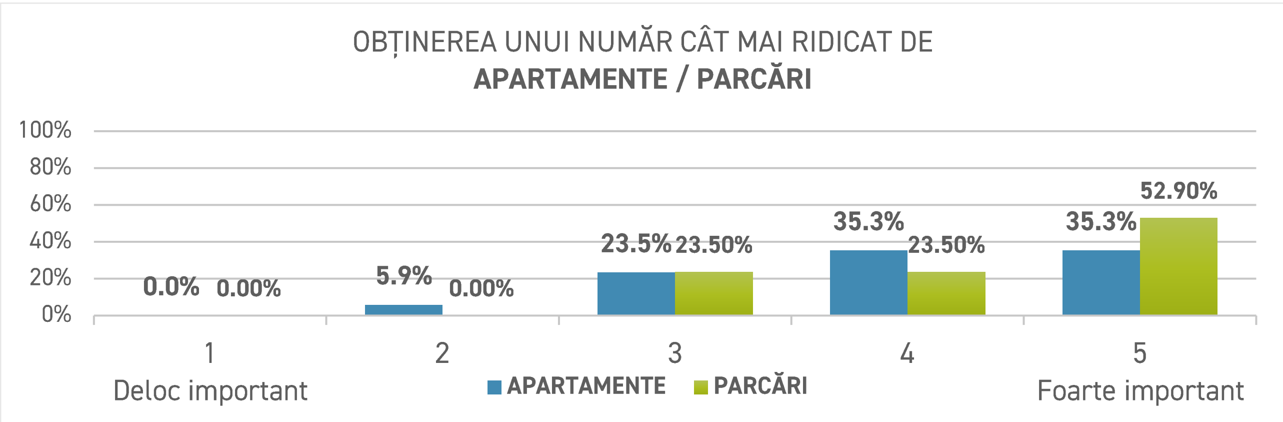


Figura A.28. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unui număr cât mai mare de apartamente / parcări.*

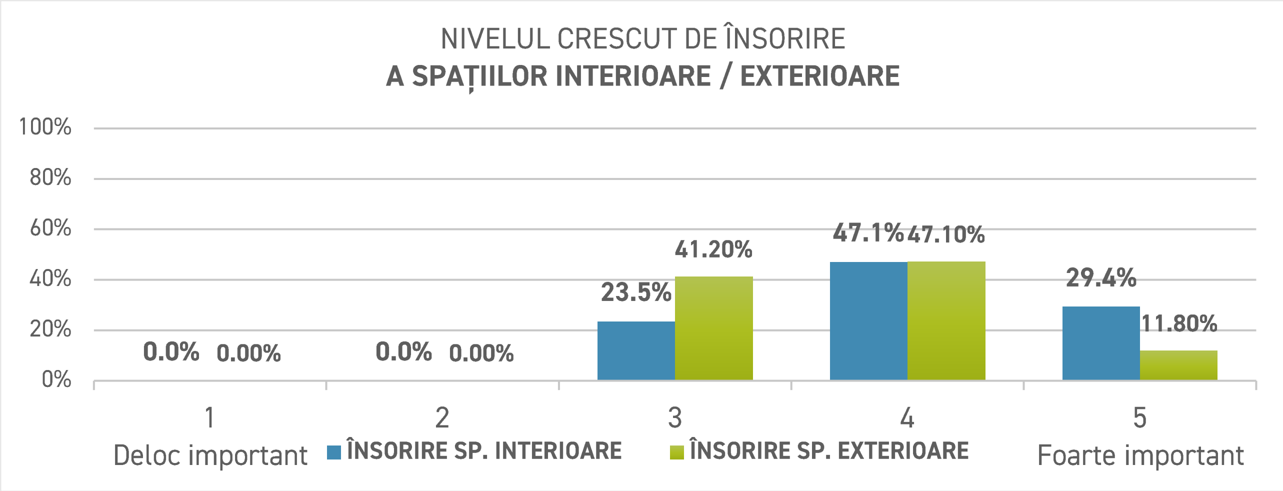


Figura A.29. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unor spații exterioare sau interioare cu nivel crescut de însorire.*

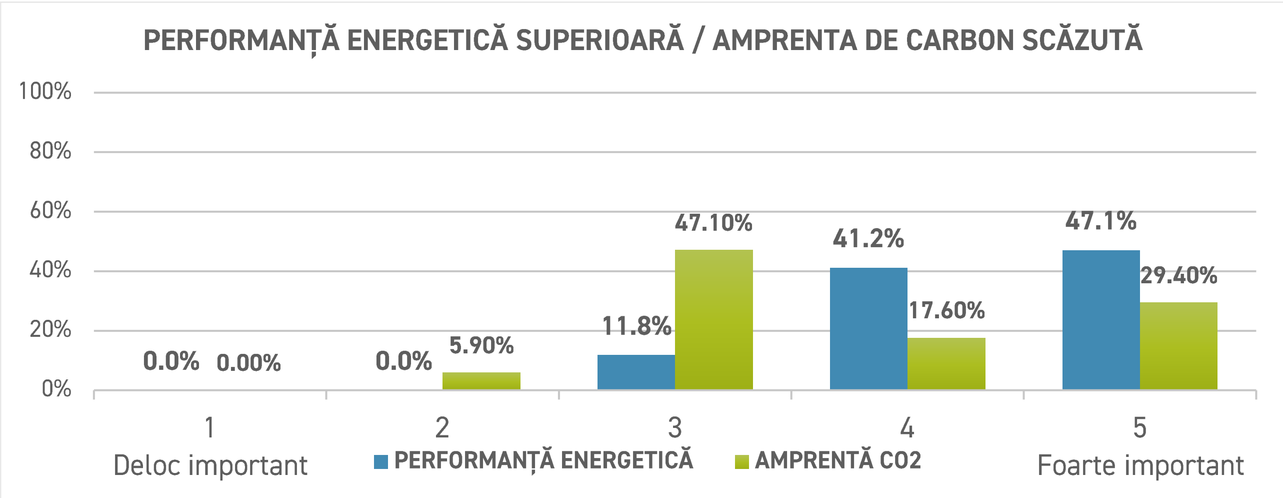


Figura A.30. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unor construcții cu performanță energetică superioară / amprentă de carbon scăzută.*

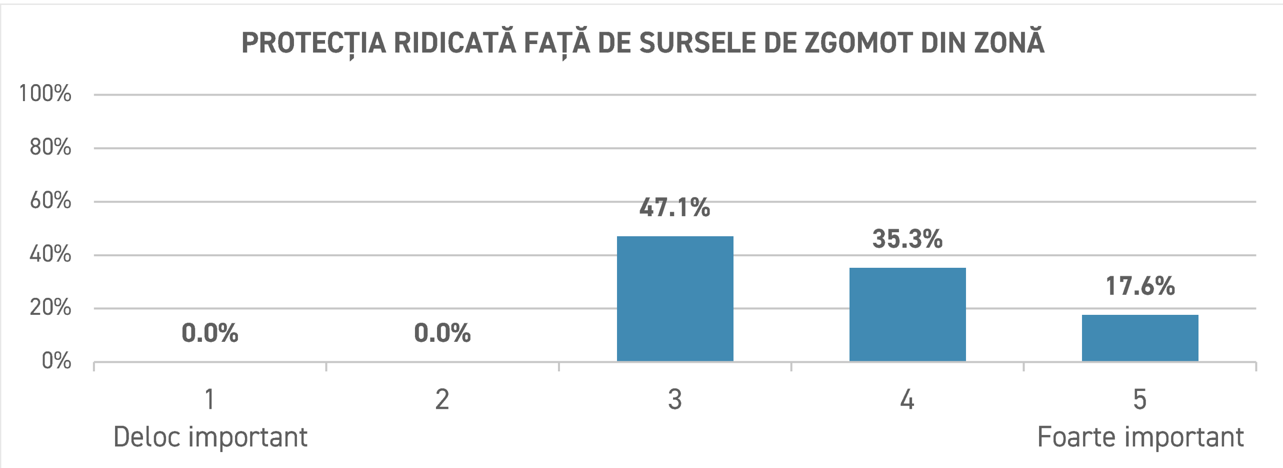


Figura A.31. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unor construcții ce au o protecție ridicată față de sursele de zgomot din zonă.*

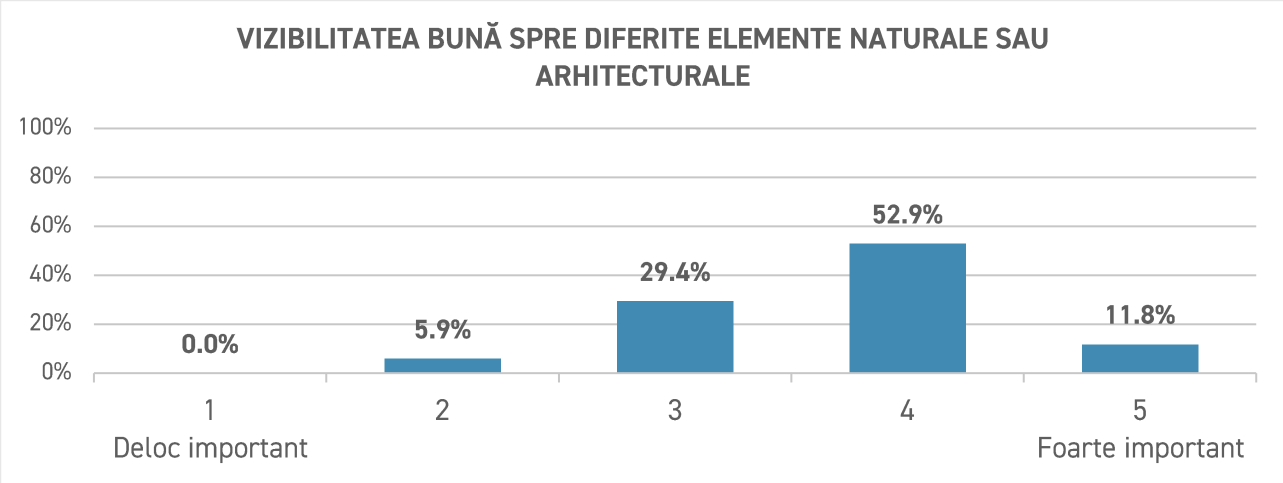


Figura A.32. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța obținerii unor construcții ce au vizibilitate bună spre diferite elemente naturale sau arhitecturale.*

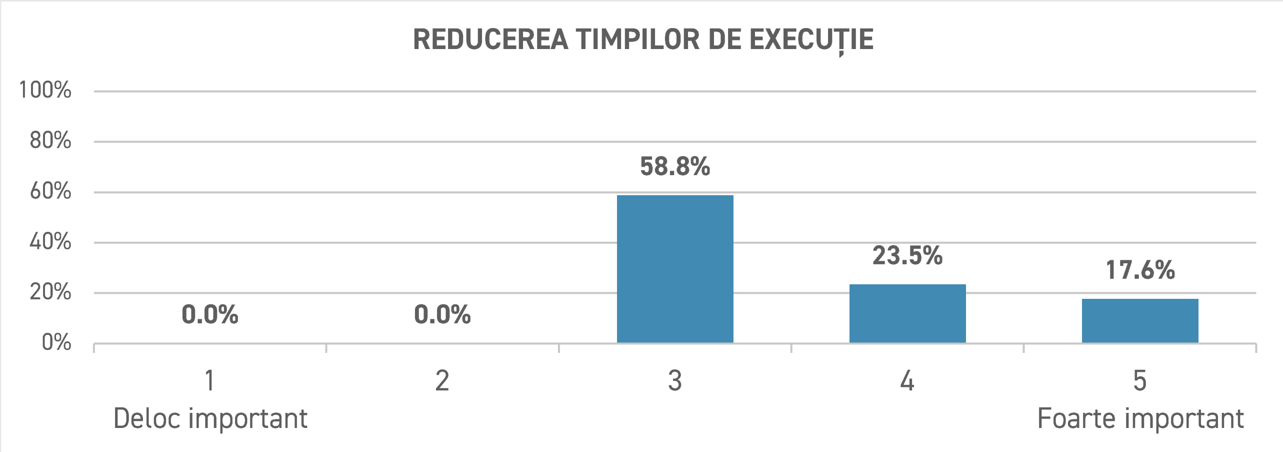


Figura A.33. *Perspectiva dezvoltatorilor imobiliari cu privire la importanța reduceri timpilor de execuție.*

Rezultatele sondajului cu privire la factorii ce influențează prețul apartamentelor

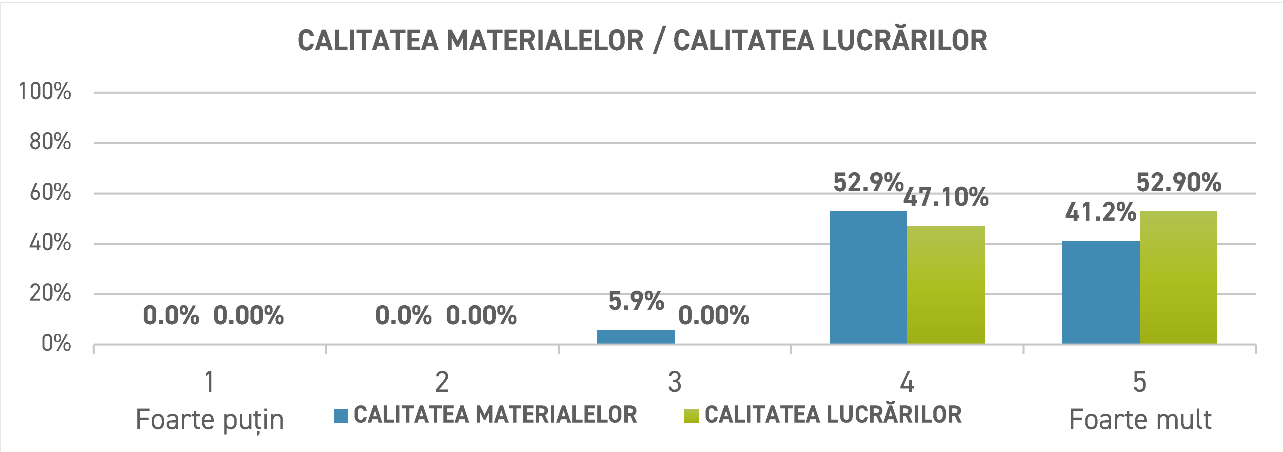


Figura A.34. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are calitatea materialelor / lucrărilor asupra prețului apartamentelor.*

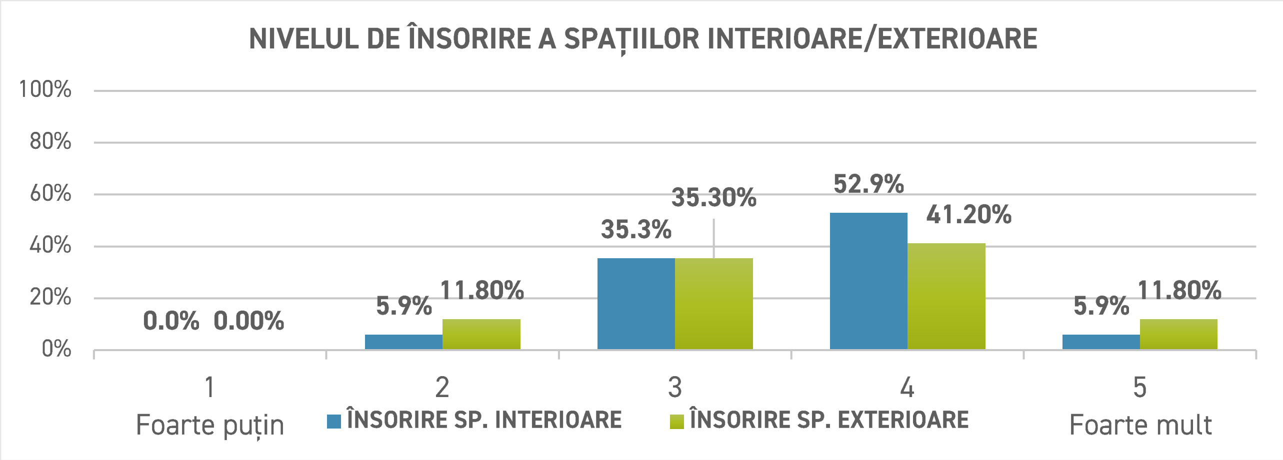


Figura A.35. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are nivelul de însorire a spațiilor interioare/exterioare asupra prețului apartamentelor.*

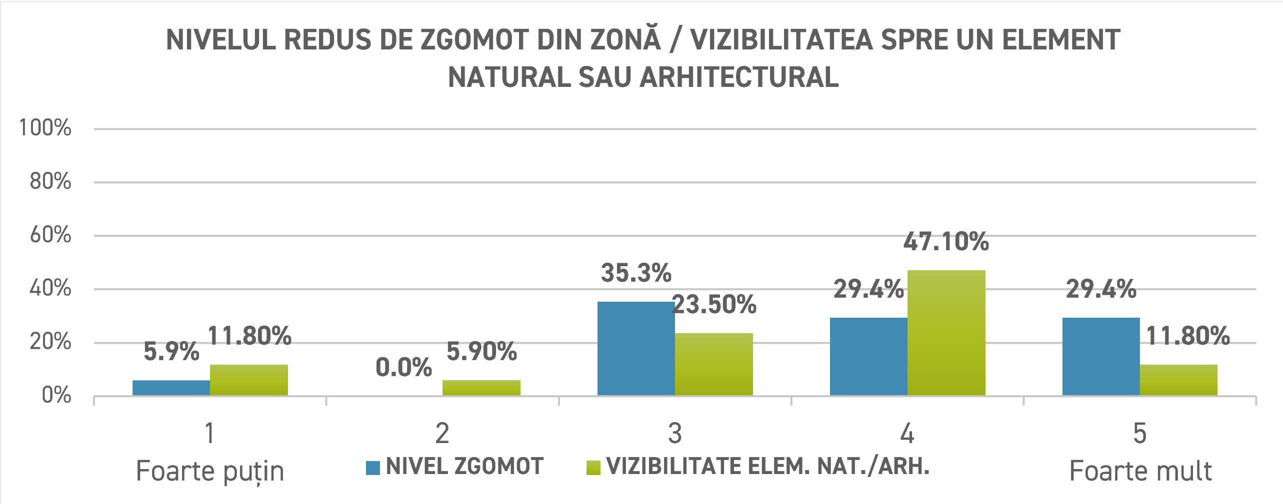


Figura A.36. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are nivelul redus de zgomot / vizibilitatea spre un element natural sau arhitectural asupra prețului apartamentelor.*

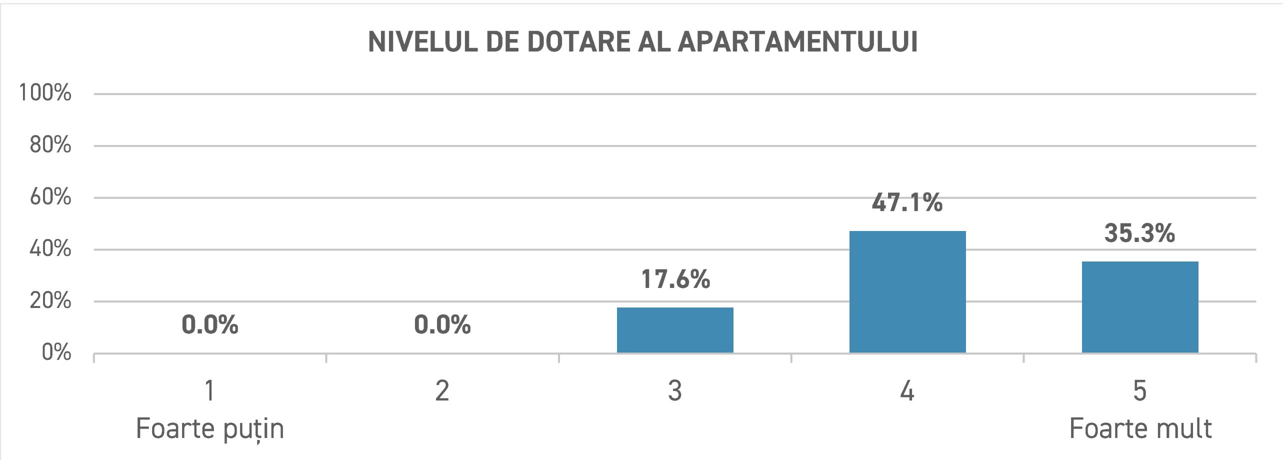


Figura A.37. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are nivelul de dotare a apartamentului asupra prețului apartamentelor.*

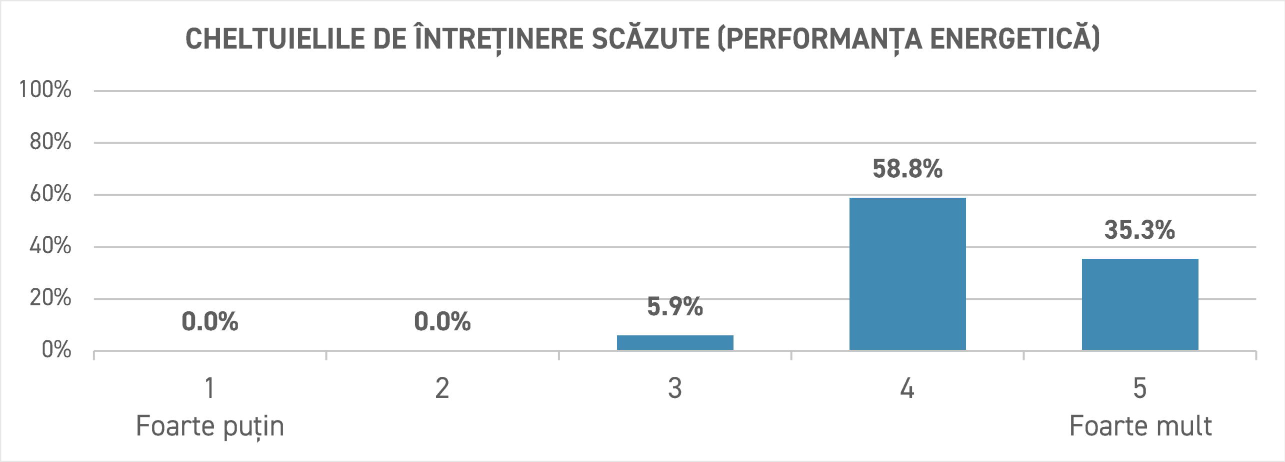


Figura A.38. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are performanța energetică asupra prețului apartamentelor.*

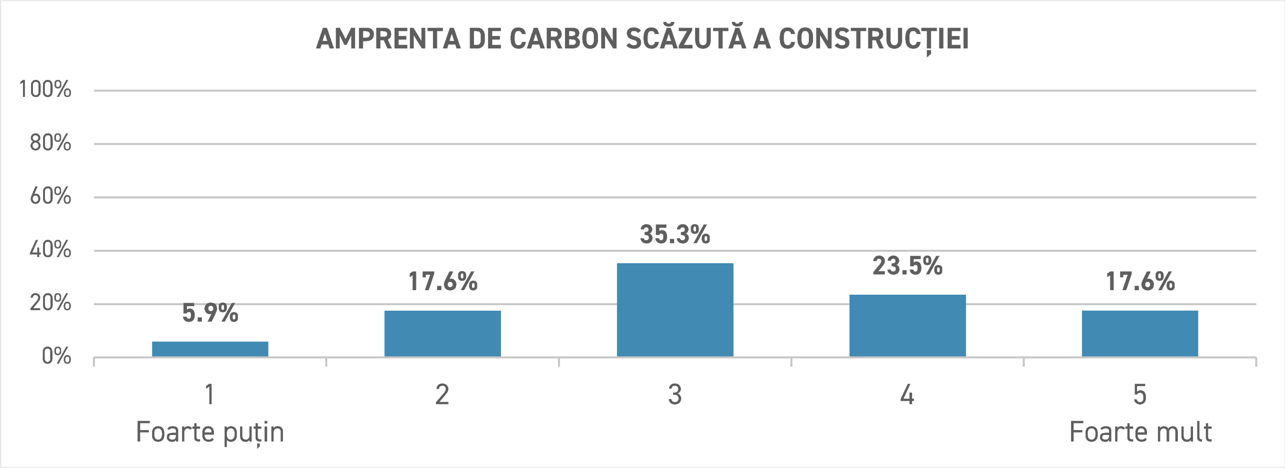


Figura A.39. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are amprenta de carbon scăzută a construcției asupra prețului apartamentelor.*

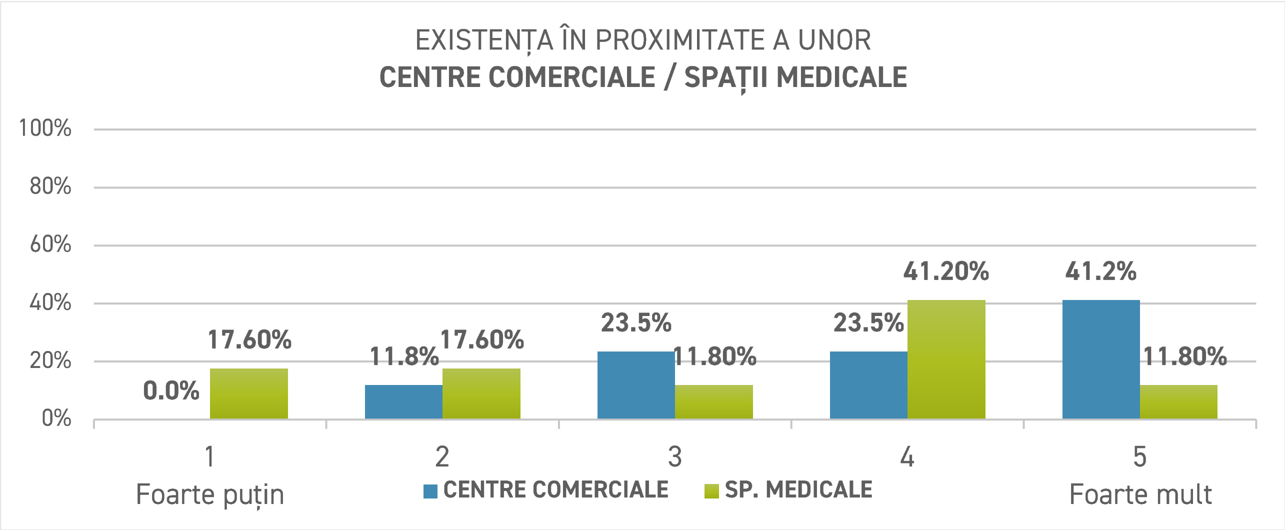


Figura A.40. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are existența în proximitate a unor centre comerciale sau spații medicale asupra prețului apartamentelor.*

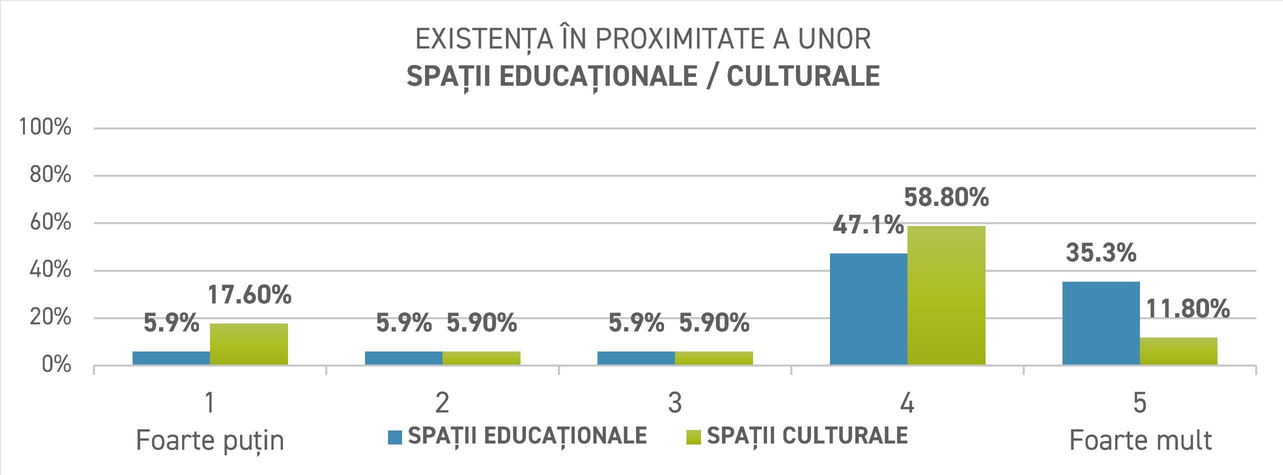


Figura A.41. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are existența în proximitate a unor spații educaționale / culturale asupra prețului apartamentelor.*

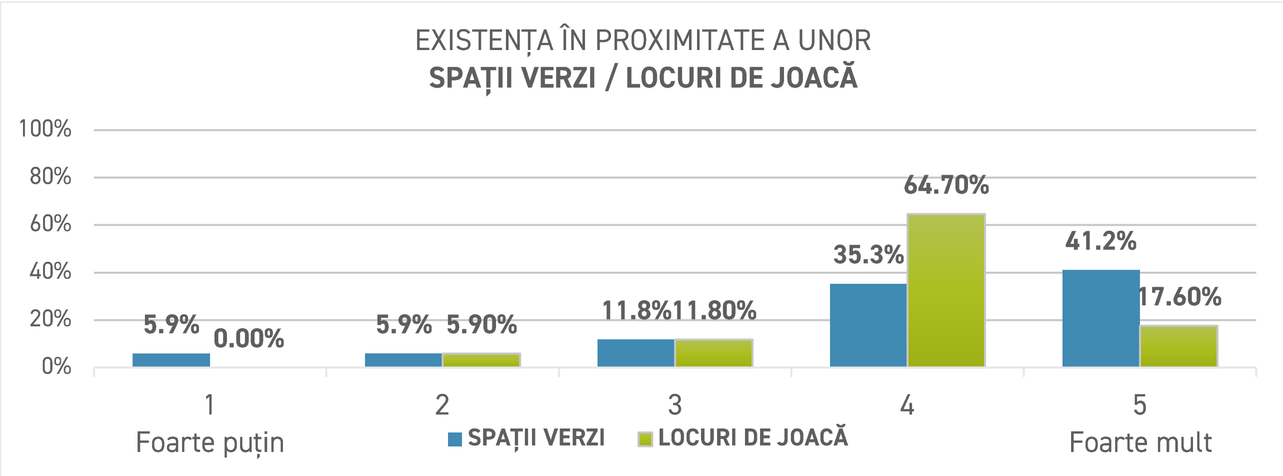


Figura A.42. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are existența în proximitate a unor spații verzi / locuri de joacă asupra prețului apartamentelor.*

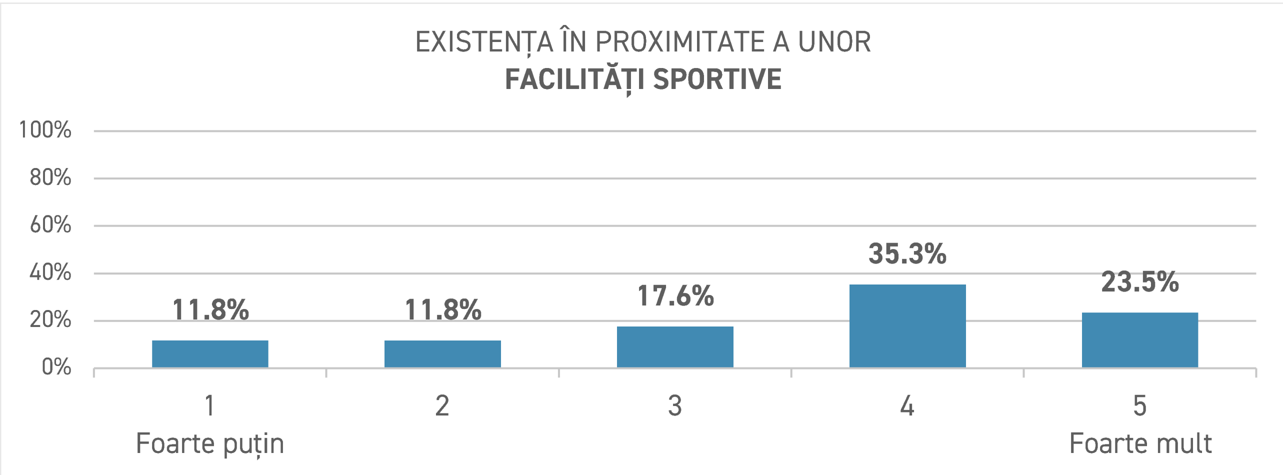


Figura A.43. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are existența în proximitate a unor facilități sportive asupra prețului apartamentelor.*

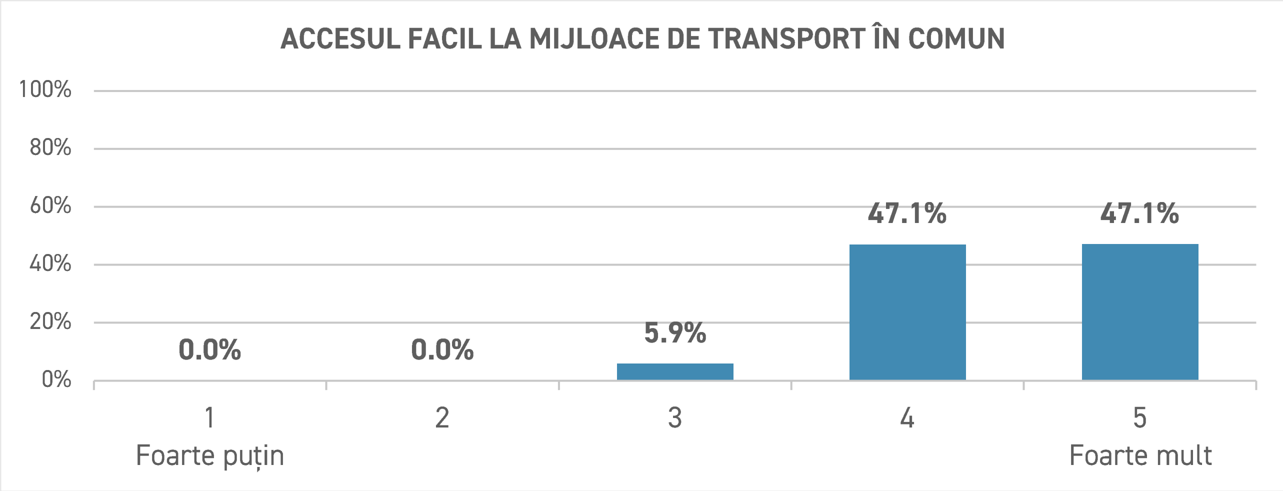


Figura A.44. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o are existența unui acces facil la mijloacele de transport în comun asupra prețului apartamentelor.*

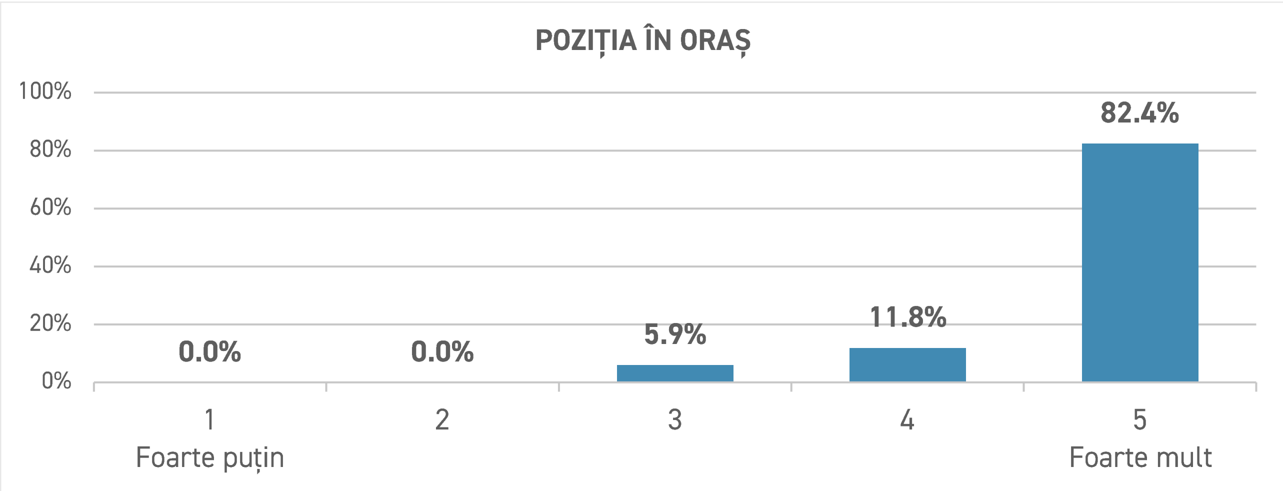


Figura A.45. *Perspectiva dezvoltatorilor cu privire la influența pe care o poziția în oraș a cartierului asupra prețului apartamentelor.*

ANEXA 4. COMPONENTELE SISTEMELOR DE INFERENȚĂ FUZZY DEZVOLTATE PENTRU EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A ANSAMBLURILOR DE CONSTRUCȚII

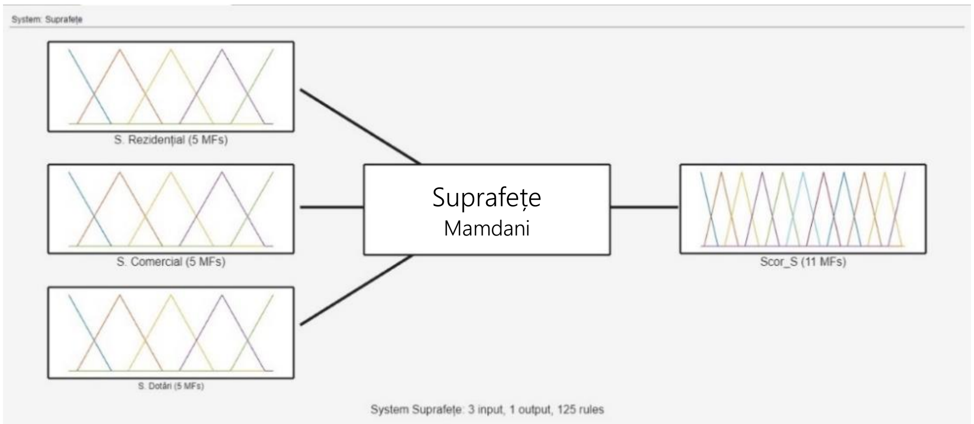


Figura A.46. *Sistemul de inferență "Suprafețe" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "FIS_Ansamblu".*

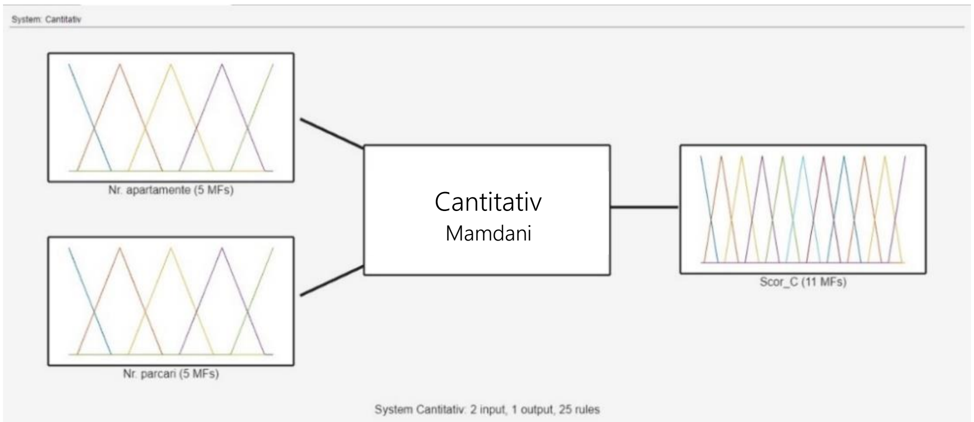


Figura A.47. *Sistemul de inferență "Cantitativ" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "FIS_Ansamblu".*

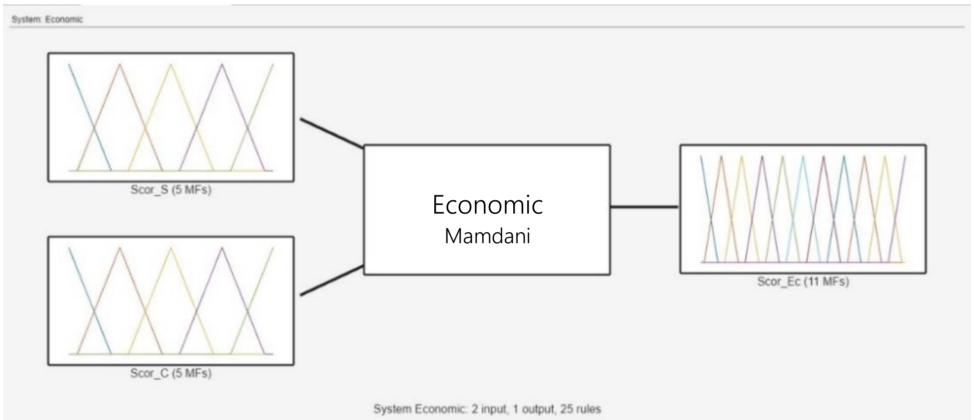


Figura A.48. *Sistemul de inferență "Economic" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "FIS_Ansamblu".*

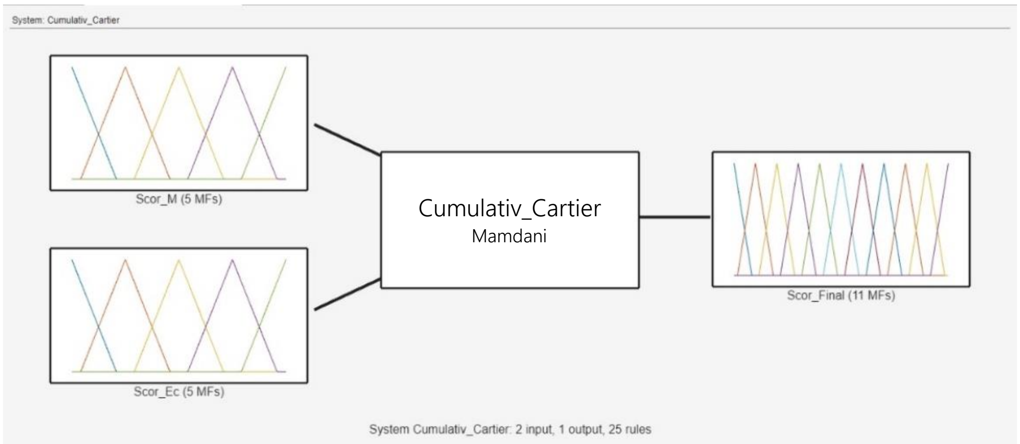


Figura A.49. *Sistemul de inferență "Cumulativ_Cartier" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "FIS_Ansamblu".*

System: Economic

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Scor_S is fm and Scor_C is fm then Scor_Ec is GL1	1	rule1
2	If Scor_S is m and Scor_C is fm then Scor_Ec is GL1	1	rule2
3	If Scor_S is Med and Scor_C is fm then Scor_Ec is GL2	1	rule3
4	If Scor_S is M and Scor_C is fm then Scor_Ec is GL3	1	rule4
5	If Scor_S is FM and Scor_C is fm then Scor_Ec is GL4	1	rule5
6	If Scor_S is fm and Scor_C is m then Scor_Ec is GL1	1	rule6
7	If Scor_S is m and Scor_C is m then Scor_Ec is GL3	1	rule7
8	If Scor_S is Med and Scor_C is m then Scor_Ec is GL4	1	rule8
9	If Scor_S is M and Scor_C is m then Scor_Ec is GL5	1	rule9
10	If Scor_S is FM and Scor_C is m then Scor_Ec is GL5	1	rule10
11	If Scor_S is fm and Scor_C is Med then Scor_Ec is GL2	1	rule11
12	If Scor_S is m and Scor_C is Med then Scor_Ec is GL3	1	rule12
13	If Scor_S is Med and Scor_C is Med then Scor_Ec is GL5	1	rule13
14	If Scor_S is M and Scor_C is Med then Scor_Ec is GL6	1	rule14
15	If Scor_S is FM and Scor_C is Med then Scor_Ec is GL7	1	rule15
16	If Scor_S is fm and Scor_C is M then Scor_Ec is GL4	1	rule16
17	If Scor_S is m and Scor_C is M then Scor_Ec is GL5	1	rule17
18	If Scor_S is Med and Scor_C is M then Scor_Ec is GL7	1	rule18
19	If Scor_S is M and Scor_C is M then Scor_Ec is GL8	1	rule19
20	If Scor_S is FM and Scor_C is M then Scor_Ec is GL9	1	rule20
21	If Scor_S is fm and Scor_C is FM then Scor_Ec is GL5	1	rule21
22	If Scor_S is m and Scor_C is FM then Scor_Ec is GL6	1	rule22
23	If Scor_S is Med and Scor_C is FM then Scor_Ec is GL7	1	rule23
24	If Scor_S is M and Scor_C is FM then Scor_Ec is GL9	1	rule24
25	If Scor_S is FM and Scor_C is FM then Scor_Ec is GL10	1	rule25

(a)

System: Cumulativ_Cartier

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Scor_M is fm and Scor_Ec is fm then Scor_Final is GL0	1	rule1
2	If Scor_M is m and Scor_Ec is fm then Scor_Final is GL1	1	rule2
3	If Scor_M is Med and Scor_Ec is fm then Scor_Final is GL3	1	rule3
4	If Scor_M is M and Scor_Ec is fm then Scor_Final is GL4	1	rule4
5	If Scor_M is FM and Scor_Ec is fm then Scor_Final is GL5	1	rule5
6	If Scor_M is fm and Scor_Ec is m then Scor_Final is GL1	1	rule6
7	If Scor_M is m and Scor_Ec is m then Scor_Final is GL3	1	rule7
8	If Scor_M is Med and Scor_Ec is m then Scor_Final is GL4	1	rule8
9	If Scor_M is M and Scor_Ec is m then Scor_Final is GL5	1	rule9
10	If Scor_M is FM and Scor_Ec is m then Scor_Final is GL6	1	rule10
11	If Scor_M is fm and Scor_Ec is Med then Scor_Final is GL3	1	rule11
12	If Scor_M is m and Scor_Ec is Med then Scor_Final is GL4	1	rule12
13	If Scor_M is Med and Scor_Ec is Med then Scor_Final is GL5	1	rule13
14	If Scor_M is M and Scor_Ec is Med then Scor_Final is GL6	1	rule14
15	If Scor_M is FM and Scor_Ec is Med then Scor_Final is GL8	1	rule15
16	If Scor_M is fm and Scor_Ec is M then Scor_Final is GL4	1	rule16
17	If Scor_M is m and Scor_Ec is M then Scor_Final is GL5	1	rule17
18	If Scor_M is Med and Scor_Ec is M then Scor_Final is GL6	1	rule18
19	If Scor_M is M and Scor_Ec is M then Scor_Final is GL8	1	rule19
20	If Scor_M is FM and Scor_Ec is M then Scor_Final is GL9	1	rule20
21	If Scor_M is fm and Scor_Ec is FM then Scor_Final is GL5	1	rule21
22	If Scor_M is m and Scor_Ec is FM then Scor_Final is GL6	1	rule22
23	If Scor_M is Med and Scor_Ec is FM then Scor_Final is GL8	1	rule23
24	If Scor_M is M and Scor_Ec is FM then Scor_Final is GL9	1	rule24
25	If Scor_M is FM and Scor_Ec is FM then Scor_Final is GL10	1	rule25

(b)

Figura A.50. *Regulile fuzzy pentru Sistemele de Inferență Fuzzy "Economic"(a) și "Cumulativ_Cartier"(b).*

ANEXA 5. COMPONENTELE SISTEMELOR DE INFERENȚĂ FUZZY DEZVOLTATE PENTRU EVALUAREA MULTICRITERIALĂ A LOCUINȚELOR COLECTIVE

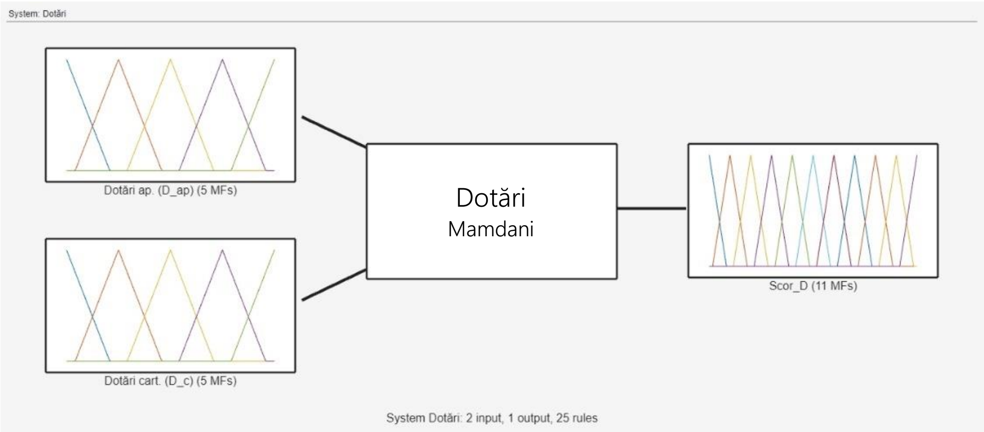


Figura A.51. *Sistemul de inferență "Dotări" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "Cumulativ_Ap".*

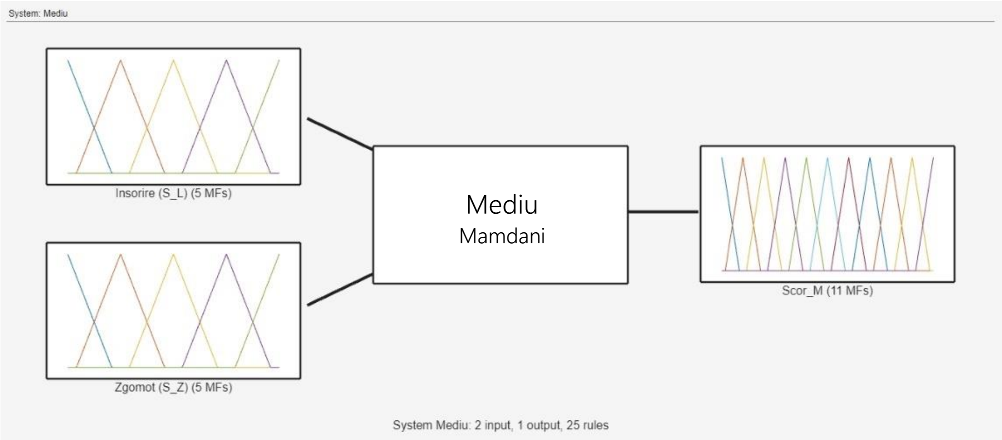


Figura A.52. *Sistemul de inferență "Mediu" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "Cumulativ_Ap".*

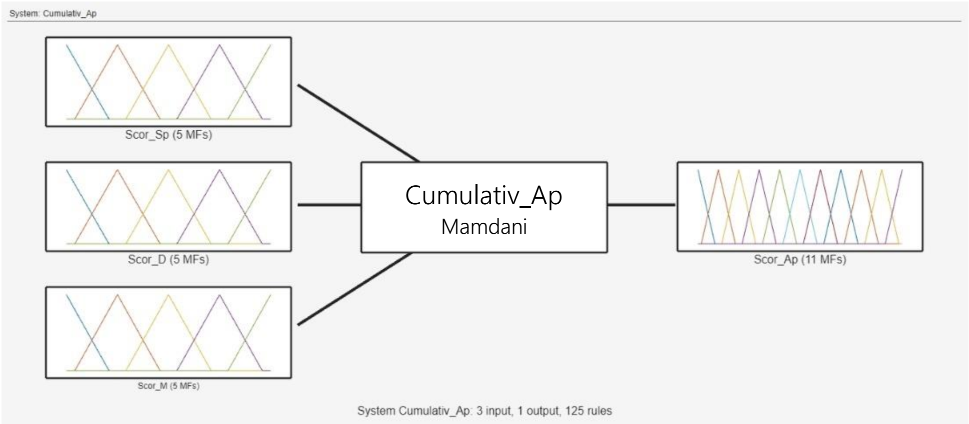


Figura A.53. *Sistemul de inferență "Cumulativ_Ap" din cadrul sistemului fuzzy arborescent "Cumulativ_Ap".*

System: Cumulativ_Ap

Add All Possible Rules | Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Scor_Sp is fm and Scor_D is fm and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL0	1	rule1
2	If Scor_Sp is m and Scor_D is fm and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL1	1	rule2
3	If Scor_Sp is Med and Scor_D is fm and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL2	1	rule3
4	If Scor_Sp is M and Scor_D is fm and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule4
5	If Scor_Sp is FM and Scor_D is fm and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule5
6	If Scor_Sp is fm and Scor_D is m and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL1	1	rule6
7	If Scor_Sp is m and Scor_D is m and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL2	1	rule7
8	If Scor_Sp is Med and Scor_D is m and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule8
9	If Scor_Sp is M and Scor_D is m and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule9
10	If Scor_Sp is FM and Scor_D is m and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL4	1	rule10
11	If Scor_Sp is fm and Scor_D is Med and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL2	1	rule11
12	If Scor_Sp is m and Scor_D is Med and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule12
13	If Scor_Sp is Med and Scor_D is Med and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule13
14	If Scor_Sp is M and Scor_D is Med and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL4	1	rule14
15	If Scor_Sp is FM and Scor_D is Med and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL5	1	rule15
16	If Scor_Sp is fm and Scor_D is M and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule16
17	If Scor_Sp is m and Scor_D is M and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule17
18	If Scor_Sp is Med and Scor_D is M and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL4	1	rule18
19	If Scor_Sp is M and Scor_D is M and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL5	1	rule19
20	If Scor_Sp is FM and Scor_D is M and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL6	1	rule20
21	If Scor_Sp is fm and Scor_D is FM and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL3	1	rule21
22	If Scor_Sp is m and Scor_D is FM and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL4	1	rule22
23	If Scor_Sp is Med and Scor_D is FM and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL5	1	rule23
24	If Scor_Sp is M and Scor_D is FM and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL6	1	rule24
25	If Scor_Sp is FM and Scor_D is FM and Scor_M is fm then Scor_Ap is GL7	1	rule25
26	If Scor_Sp is fm and Scor_D is fm and Scor_M is m then Scor_Ap is GL1	1	rule26
27	If Scor_Sp is m and Scor_D is fm and Scor_M is m then Scor_Ap is GL2	1	rule27
28	If Scor_Sp is Med and Scor_D is fm and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule28
29	If Scor_Sp is M and Scor_D is fm and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule29
30	If Scor_Sp is FM and Scor_D is fm and Scor_M is m then Scor_Ap is GL4	1	rule30
31	If Scor_Sp is fm and Scor_D is m and Scor_M is m then Scor_Ap is GL2	1	rule31
32	If Scor_Sp is m and Scor_D is m and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule32
33	If Scor_Sp is Med and Scor_D is m and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule33
34	If Scor_Sp is M and Scor_D is m and Scor_M is m then Scor_Ap is GL4	1	rule34
35	If Scor_Sp is FM and Scor_D is m and Scor_M is m then Scor_Ap is GL5	1	rule35
36	If Scor_Sp is fm and Scor_D is Med and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule36
37	If Scor_Sp is m and Scor_D is Med and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule37
38	If Scor_Sp is Med and Scor_D is Med and Scor_M is m then Scor_Ap is GL4	1	rule38
39	If Scor_Sp is M and Scor_D is Med and Scor_M is m then Scor_Ap is GL5	1	rule39
40	If Scor_Sp is FM and Scor_D is Med and Scor_M is m then Scor_Ap is GL6	1	rule40
41	If Scor_Sp is fm and Scor_D is M and Scor_M is m then Scor_Ap is GL3	1	rule41
42	If Scor_Sp is m and Scor_D is M and Scor_M is m then Scor_Ap is GL4	1	rule42
43	If Scor_Sp is Med and Scor_D is M and Scor_M is m then Scor_Ap is GL5	1	rule43
44	If Scor_Sp is M and Scor_D is M and Scor_M is m then Scor_Ap is GL6	1	rule44
45	If Scor_Sp is FM and Scor_D is M and Scor_M is m then Scor_Ap is GL7	1	rule45
46	If Scor_Sp is fm and Scor_D is FM and Scor_M is m then Scor_Ap is GL4	1	rule46
47	If Scor_Sp is m and Scor_D is FM and Scor_M is m then Scor_Ap is GL5	1	rule47
48	If Scor_Sp is Med and Scor_D is FM and Scor_M is m then Scor_Ap is GL6	1	rule48
49	If Scor_Sp is M and Scor_D is FM and Scor_M is m then Scor_Ap is GL7	1	rule49
50	If Scor_Sp is FM and Scor_D is FM and Scor_M is m then Scor_Ap is GL8	1	rule50
51	If Scor_Sp is fm and Scor_D is fm and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL2	1	rule51
52	If Scor_Sp is m and Scor_D is fm and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL3	1	rule52
53	If Scor_Sp is Med and Scor_D is fm and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL3	1	rule53
54	If Scor_Sp is M and Scor_D is fm and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL4	1	rule54
55	If Scor_Sp is FM and Scor_D is fm and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL5	1	rule55
56	If Scor_Sp is fm and Scor_D is m and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL3	1	rule56
57	If Scor_Sp is m and Scor_D is m and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL3	1	rule57
58	If Scor_Sp is Med and Scor_D is m and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL4	1	rule58
59	If Scor_Sp is M and Scor_D is m and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL5	1	rule59
60	If Scor_Sp is FM and Scor_D is m and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL6	1	rule60
61	If Scor_Sp is fm and Scor_D is Med and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL3	1	rule61
62	If Scor_Sp is m and Scor_D is Med and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL4	1	rule62
63	If Scor_Sp is Med and Scor_D is Med and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL5	1	rule63
64	If Scor_Sp is M and Scor_D is Med and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL6	1	rule64
65	If Scor_Sp is FM and Scor_D is Med and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL7	1	rule65
66	If Scor_Sp is fm and Scor_D is M and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL4	1	rule66
67	If Scor_Sp is m and Scor_D is M and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL5	1	rule67
68	If Scor_Sp is Med and Scor_D is M and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL6	1	rule68
69	If Scor_Sp is M and Scor_D is M and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL7	1	rule69
70	If Scor_Sp is FM and Scor_D is M and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL8	1	rule70
71	If Scor_Sp is fm and Scor_D is FM and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL5	1	rule71
72	If Scor_Sp is m and Scor_D is FM and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL6	1	rule72
73	If Scor_Sp is Med and Scor_D is FM and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL7	1	rule73
74	If Scor_Sp is M and Scor_D is FM and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL8	1	rule74
75	If Scor_Sp is FM and Scor_D is FM and Scor_M is Med then Scor_Ap is GL8	1	rule75
76	If Scor_Sp is fm and Scor_D is fm and Scor_M is M then Scor_Ap is GL3	1	rule76
77	If Scor_Sp is m and Scor_D is fm and Scor_M is M then Scor_Ap is GL3	1	rule77
78	If Scor_Sp is Med and Scor_D is fm and Scor_M is M then Scor_Ap is GL4	1	rule78
79	If Scor_Sp is M and Scor_D is fm and Scor_M is M then Scor_Ap is GL5	1	rule79
80	If Scor_Sp is FM and Scor_D is fm and Scor_M is M then Scor_Ap is GL6	1	rule80
81	If Scor_Sp is fm and Scor_D is m and Scor_M is M then Scor_Ap is GL3	1	rule81
82	If Scor_Sp is m and Scor_D is m and Scor_M is M then Scor_Ap is GL4	1	rule82
83	If Scor_Sp is Med and Scor_D is m and Scor_M is M then Scor_Ap is GL5	1	rule83
84	If Scor_Sp is M and Scor_D is m and Scor_M is M then Scor_Ap is GL6	1	rule84
85	If Scor_Sp is FM and Scor_D is m and Scor_M is M then Scor_Ap is GL7	1	rule85
86	If Scor_Sp is fm and Scor_D is Med and Scor_M is M then Scor_Ap is GL4	1	rule86
87	If Scor_Sp is m and Scor_D is Med and Scor_M is M then Scor_Ap is GL5	1	rule87
88	If Scor_Sp is Med and Scor_D is Med and Scor_M is M then Scor_Ap is GL6	1	rule88
89	If Scor_Sp is M and Scor_D is Med and Scor_M is M then Scor_Ap is GL7	1	rule89
90	If Scor_Sp is FM and Scor_D is Med and Scor_M is M then Scor_Ap is GL8	1	rule90
91	If Scor_Sp is fm and Scor_D is M and Scor_M is M then Scor_Ap is GL5	1	rule91
92	If Scor_Sp is m and Scor_D is M and Scor_M is M then Scor_Ap is GL6	1	rule92
93	If Scor_Sp is Med and Scor_D is M and Scor_M is M then Scor_Ap is GL7	1	rule93
94	If Scor_Sp is M and Scor_D is M and Scor_M is M then Scor_Ap is GL8	1	rule94
95	If Scor_Sp is FM and Scor_D is M and Scor_M is M then Scor_Ap is GL8	1	rule95
96	If Scor_Sp is fm and Scor_D is FM and Scor_M is M then Scor_Ap is GL6	1	rule96
97	If Scor_Sp is m and Scor_D is FM and Scor_M is M then Scor_Ap is GL7	1	rule97
98	If Scor_Sp is Med and Scor_D is FM and Scor_M is M then Scor_Ap is GL8	1	rule98
99	If Scor_Sp is M and Scor_D is FM and Scor_M is M then Scor_Ap is GL8	1	rule99
100	If Scor_Sp is FM and Scor_D is FM and Scor_M is M then Scor_Ap is GL9	1	rule100
101	If Scor_Sp is fm and Scor_D is fm and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL3	1	rule101
102	If Scor_Sp is m and Scor_D is fm and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL4	1	rule102
103	If Scor_Sp is Med and Scor_D is fm and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL5	1	rule103
104	If Scor_Sp is M and Scor_D is fm and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL6	1	rule104
105	If Scor_Sp is FM and Scor_D is fm and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL7	1	rule105
106	If Scor_Sp is fm and Scor_D is m and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL4	1	rule106
107	If Scor_Sp is m and Scor_D is m and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL5	1	rule107
108	If Scor_Sp is Med and Scor_D is m and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL6	1	rule108
109	If Scor_Sp is M and Scor_D is m and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL7	1	rule109
110	If Scor_Sp is FM and Scor_D is m and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule110
111	If Scor_Sp is fm and Scor_D is Med and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL5	1	rule111
112	If Scor_Sp is m and Scor_D is Med and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL6	1	rule112
113	If Scor_Sp is Med and Scor_D is Med and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL7	1	rule113
114	If Scor_Sp is M and Scor_D is Med and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule114
115	If Scor_Sp is FM and Scor_D is Med and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule115
116	If Scor_Sp is fm and Scor_D is M and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL6	1	rule116
117	If Scor_Sp is m and Scor_D is M and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL7	1	rule117
118	If Scor_Sp is Med and Scor_D is M and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule118
119	If Scor_Sp is M and Scor_D is M and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule119
120	If Scor_Sp is FM and Scor_D is M and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL9	1	rule120
121	If Scor_Sp is fm and Scor_D is FM and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL7	1	rule121
122	If Scor_Sp is m and Scor_D is FM and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule122
123	If Scor_Sp is Med and Scor_D is FM and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL8	1	rule123
124	If Scor_Sp is M and Scor_D is FM and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL9	1	rule124
125	If Scor_Sp is FM and Scor_D is FM and Scor_M is FM then Scor_Ap is GL10	1	rule125

Figura A.54. *Regulile fuzzy pentru Sistemul de Inferență Fuzzy "Cumulativ_Ap".*

ANEXA 6. CENTRALIZAREA FUNCȚIILOR PROGRAMELOR EVALUATE

Tabelul A.1. *Centralizarea funcțiilor programelor evaluate*

GRUPA DE FUNCȚIUNI	FUNCȚIUNI	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	StrateGIS 3D	HEKTAR
FUNCȚII INTEROPERABILITATE	Exportare .pdf	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	NU	DA	DA	NU	DA
	Exportare Excel (.xls / .csv)	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	NU	DA	DA
	Exportare 2D CAD (.dwg / .dxf)	DA	DA	DA	NU	DA	DA	NU	NU	DA	NU	NU	DA
	Exportare 3D (.obj / .glb)	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	Exportare BIM (.ifc)	DA	DA	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	DA	NU	NU
	Număr programe cu care exista conexiuni	0	2	0	8	6	0	0	1	1	1	0	0
	Posibilitate instalare extensii	NU	NU	DA	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
FUNCȚIUNI VIZUALIZARE	Vizualizare 2D	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	Vizualizare 3D	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	Vizualizare 4D	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU
	Randare imagini fotorealiste	NU	NU	NU	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU
	Vizualizare prin AR/VR	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Topografie teren	NU	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU

GRUPA DE FUNCȚIUNI	FUNCȚIUNI	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	StrateGIS 3D	HEKTAR
FUNCȚIUNI DE EDITARE MANUALĂ	Zone funcționale	NU	NU	DA	NU	DA	NU	NU	DA	DA	NU	DA	NU
	Circulații	NU	NU	DA	DA	DA	NU	NU	DA	DA	NU	DA	NU
	Construcții	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	NU
FUNCȚII DE GENERARE AUTOMATĂ A SOLUȚIILOR	Construcție	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	DA
	Ansamblu de construcții	DA	DA	DA	DA	DA	NU	NU	DA	DA	NU	DA	DA
	Locuințe individuale	NU	NU	DA	DA	DA	NU	NU	NU	DA	NU	DA	DA
	Locuințe colective	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	DA
	Funcțiuni mixte	DA	DA	DA	DA	DA	NU	NU	DA	DA	DA	DA	NU
	Hotel	NU	NU	DA	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Comerț	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Birouri	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Industriale	NU	NU	DA	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU
	Importare automată context 3d	NU	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	NU	DA	DA
	Soluții ansamblu	NU	DA	NU	DA	DA	DA	NU	DA	DA	NU	DA	DA
	Soluții multiple ansamblu	NU	DA	NU	DA	DA	DA	NU	NU	DA	NU	DA	DA
	Soluții organizare apartamente	DA	DA	DA	NU	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	DA

GRUPA DE FUNCȚIUNI	FUNCȚIUNI	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	StrateGIS 3D	HEKTAR
	Soluții multiple organizare apartamente	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	DA	DA	NU	NU
	Soluții planuri mobilate apartamente	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Soluții multiple planuri mobilate apartamente	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Verificarea respectării reglementărilor urbanistice	NU	DA	NU	NU	NU	NU	DA	NU	DA	NU	NU	NU
	Soluții circulații auto și pietonale	NU	DA	NU	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU
	Soluții parcări adiacente străzilor	NU	NU	NU	NU	DA	DA	NU	NU	DA	NU	DA	NU
	Soluții parcări de suprafață	NU	NU	DA	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Soluții parcări în construcții	DA	DA	NU	NU	DA	DA	NU	NU	DA	NU	NU	NU
FUNCȚII ANALIZE DE MEDIU	Analize topografie teren	NU	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Analize potențial de însorire	NU	DA	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Analize însorire spații interioare	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU
	Analize însorire spații exterioare	NU	DA	NU	DA	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU
	Analize vizibilitate	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU
	Analize zgomot	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU
	Analize vânt	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Analize energie solară	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU

GRUPA DE FUNCȚIUNI	FUNCȚIUNI	ArchiTECHtures	Spacio	Giraffe	Autodesk Forma	TestFit	Zenerate	Preoptima	Skema	Archistar	ArkDesign	StrateGIS 3D	HEKTAR
FUNCȚII ANALIZE DE SUSTENABILITATE	Analize consum de energie în exploatare	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Analize carbon înglobat	NU	NU	NU	DA	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU
	Rapoarte de sustenabilitate	NU	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU
FUNCȚII ANALIZE CANTITATIVE	Analize suprafețe	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NU	DA	DA	DA	DA	DA
	Analize sistematizare teren	NU	DA	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU
	Analize cantități de materiale	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU
	Rapoarte cantitative	DA	NU	DA	NU	DA	DA	NU	NU	DA	DA	DA	NU
FUNCȚII ANALIZE ECONOMICE	Costuri și venituri	DA	NU	DA	NU	DA	DA	NU	NU	DA	NU	DA	NU
	Costuri operaționale	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU
	Rapoarte economice	DA	NU	DA	NU	NU	NU	NU	NU	DA	NU	NU	NU



ISBN: 978-606-37-2463-3